INSTALLATION, OPERATION AND MAINTENANCE GUIDE

FOR INDOOR/OUTDOOR DRY-TYPE TRANSFORMERS WHICH UTILIZE A NJ6, NJ7 OR P SERIES ENCLOSURE

*Note: This guide is Trilingual
(English, French, Spanish)*

Literature No.: **IOMGPOW**
Issue Date: January 2011

Safety Precautions

(1) Do not lift or move a transformer without proper equipment and experienced personnel. Lifting provisions are provided on inside of enclosure on the core & coil only. Always use all lifting provisions provided by manufacturing.
DO NOT LIFT THE TRANSFORMER BY THE ENCLOSURE.
Rolling and skidding are recommended on transformers with a pre-ordered skidding base.

(2) Do not off-load the transformer until a full inspection has been completed.

(3) Use terminals only for electrical connections. Flexible connectors are recommended for bus connections. The transformer terminals are not designed to support the weight of supply or load cable. Uni-strut supports can be added in the field providing proper clearances are maintained.

(4) Connections should only be in accordance with the nameplate diagram or connection drawings.

(5) Make sure all power is disconnected before attempting any work on the transformer or inside of control box and ground all windings.

(6) Make certain all ground connections, line terminals and selected taps are complete and tightened before energizing the transformer.

(7) Do not attempt to change any taps - primary or secondary, while the transformer is energized.

(8) Do not change connections when the transformer is energized.

(9) Do not tamper with control panels, alarms, interlocks or control circuits.

(10) Do not adjust or remove any accessories or cover plates while the transformer is energized.

(11) No supply cables should come in contact with the core or any live part except the terminal that it is intended for. Ensure that minimum clearances are maintained. (refer to section 10 of Field Testing)

CONTENTS

Scope	4
Receiving & Inspection	4
Lifting Procedures	5
Storage	7
Installation precautions	7
Dry-out	8
Location	8
Sound Levels	9
Grounding	10
Field Testing	10
Maintenance	12
Cleaning	13
Field Service	13

SCOPE

This guide covers the recommendations for the application, installation, operation and maintenance of single and three phase dry-type transformers and iron core reactors with or without enclosure. It is emphasized that these abbreviated instructions should be used in conjunction with all standards covering such work and should be referenced accordingly.

These recommended practices are for general applications and any special requirements should be referenced back to the transformer manufacturer and/or their representative.

It is further recommended that installation work be governed by ANSI/IEEE C57.94. This is the IEEE Recommended Practice for Installation, Application, Operation and Maintenance of Dry-type General Purpose Transformers.

RECEIVING & INSPECTION

Before any equipment is off-loaded, transformers should first be inspected for correctness of shipping information. Confirm that the identifying part number on the nameplate of the transformer matches the packing list and Bill of Lading.

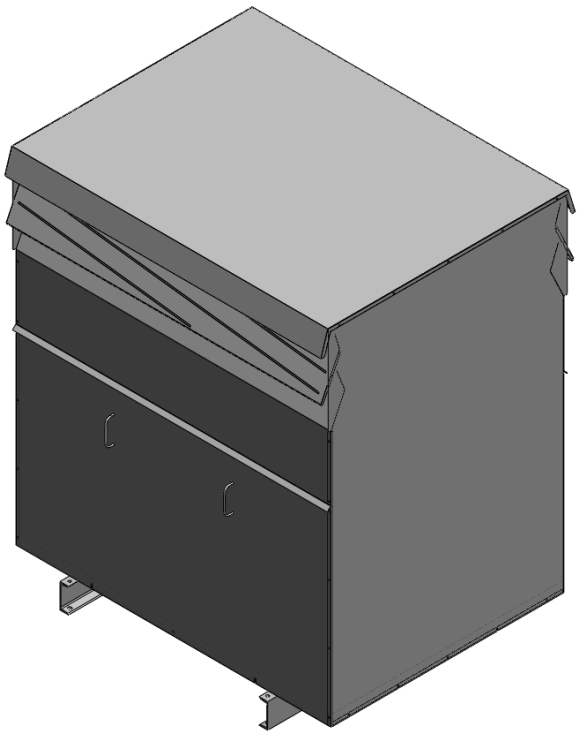
Inspect the transformers immediately upon receipt for evidence of damage or indication of rough handling that may have been caused during shipment.

Examination should be made before removing transformers from shipping vehicles. Inspection should also be made for any evidence of water or other contaminants that may have entered the transformer during transit.

A claim should be filed with the carrier at once and the manufacturer should be notified.

Ventilated dry-type transformers are shipped either completely assembled in a sheet metal enclosure or as a core and coil assembly with or without a separate enclosure. All parts and components are wrapped in clear plastic sheets and covered with a shipping tarpaulin. Drawings may also accompany the shipment in a separate package that detail assembly if required.

Once the unit has been received, remove the covers or panels and proceed with an internal inspection for any evidence of damaged or displaced parts, loose or broken connections, damaged terminal boards, dirt or foreign materials and for the presence of any water or moisture. If any damage is evident, contact the transformer manufacturer and/or your representative immediately.



NJ TYPE ENCLOSURE

LIFTING PROCEDURES

Lifting provisions are provided on all dry-type transformers. Lifting provision can be 2 or 4 of 5/8" (16 mm) or 3/4" (19 mm) shouldered eye bolts or a pair of lifting angles (see figure 1) based on the total weight of transformer. Shouldered eye bolts used for the unit weight is less than 15,000 lbs (6,804 kgs). Lifting angles used for the unit weight is 15,000 lbs (6804 kgs) and greater. Use of slings for an angular lift is strongly recommended.

Shouldered Eye Bolts

Lifting Angle

FIGURE 1

Procedure

Before a lift is made, the following instructions should be read and understood.

(1) Remove the roof of NJ type of enclosure (see figure 2) or lifting cover plate on roof of power enclosure (see figure 3).

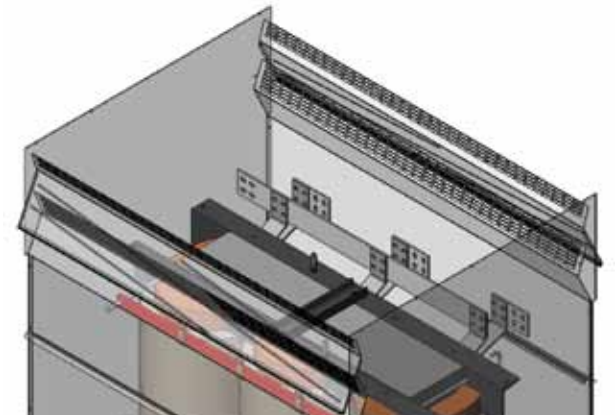


FIGURE 2

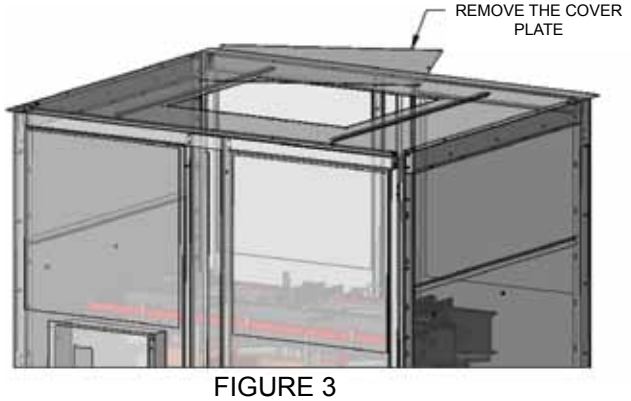


FIGURE 3

(2) Inspect that the lifting eye bolts or lifting angles are properly seated and tight.

(3) Verify lifting capacity of chains or slings, crane or other means refer to the weight of transformer on the nameplate.

(4) Measure the distance between the eye bolts or lifting angles (see figure 4 & 5).

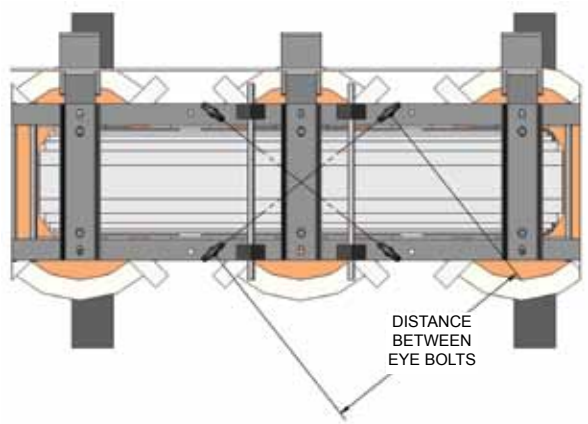


FIGURE 4

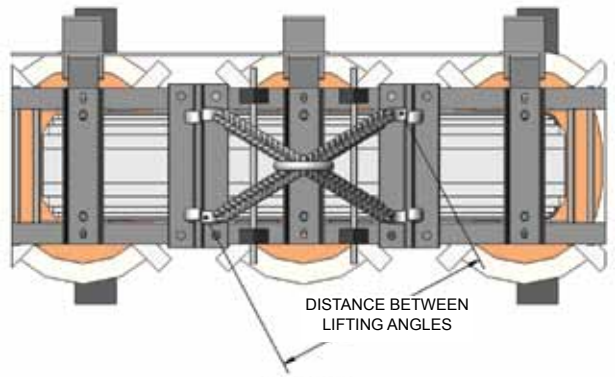


FIGURE 5

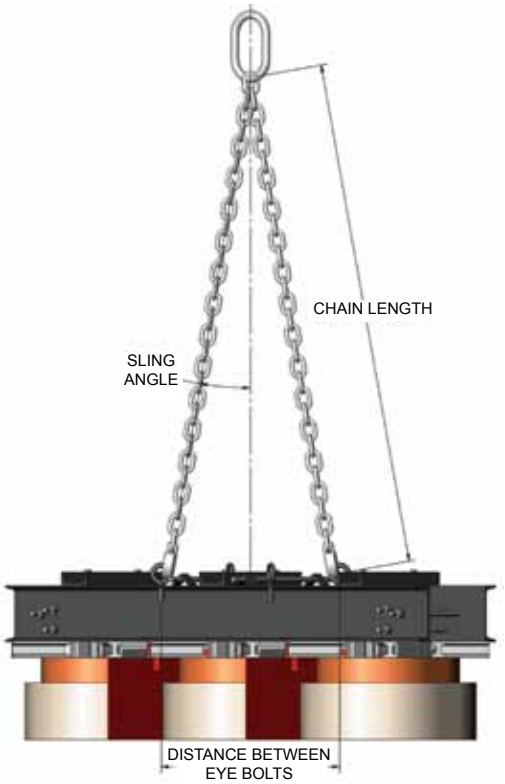


FIGURE 6

TABLE 1

*Eye Center	Chain Length (ft)							
	3’	4’	5’	6’	7’	8’	9’	10
10”	8°	6°	5°	4°	3°	3°	3°	2°
12”	10°	7°	6°	5°	4°	4°	3°	3°
14”	-	8°	7°	6°	5°	4°	4°	3°
16”	-	10°	8°	6°	5°	5°	4°	4°
18”	-	-	9°	7°	6°	5°	5°	4°
20”	-	-	10°	8°	7°	6°	5°	5°
22”	-	-	-	9°	8°	7°	6°	5°
24”	-	-	-	10°	9°	8°	6°	6°
26”	-	-	-	10°	9°	8°	7°	6°
28”	-	-	-	-	10°	8°	7°	7°
30”	-	-	-	-	10°	9°	8°	7°
32”	-	-	-	-	-	10°	9°	8°
34”	-	-	-	-	-	10°	9°	8°
36”	-	-	-	-	-	-	10°	9°

*Note: Distance between lifting eyes on front and rear frames

(5) Ensure that the sling angle is less than 10 degrees (see figure 6 & table 1).

(6) The direction of the pull (sling line) must be in-line with the plane of the eye bolts. When lifting a transformer with a 4-legged sling, align all four eyebolts to the center of the unit (see figure 5). When lifting a unit with a 2-legged sling, ensure that the eye bolts are installed at opposite corners of the unit and align to the center of the unit (see figure 7).

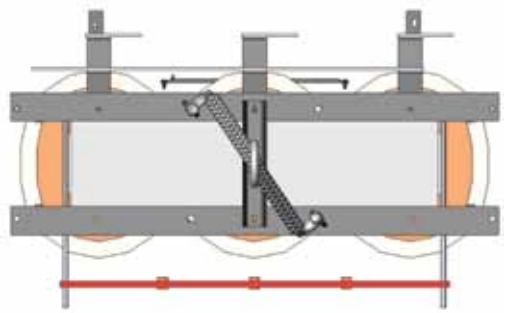


FIGURE 7

(7) Always use all the eye bolts or lifting holes provided in angles when making a lift to avoid overrating of bolts or torsion of frames.

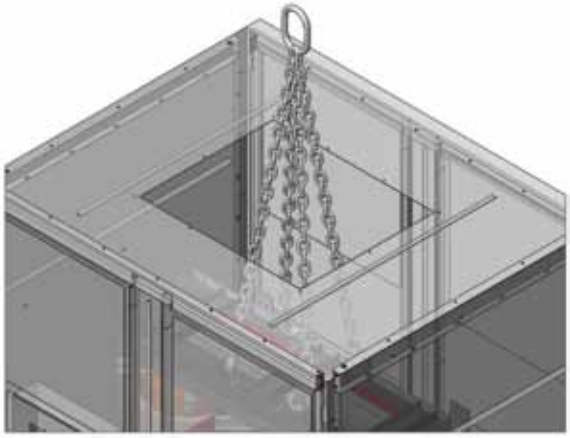


FIGURE 8

(8) Lift the power transformer by core & coil only through cutout in enclosure roof (see figure 8).

Do not lift transformer by the enclosure.

Do not lift power transformer with shipping hooks.

Do not lift transformer from beneath the enclosure.

Do not jerk lift to avoid mechanical stresses.

Do not push, drag or pull the transformer directly on the floor unless it is supplied with skid base.

STORAGE

Units must be stored in a warm, dry location, free of dust or air borne contaminants. The relative humidity to which the electrical insulation materials are exposed should be kept as low as practical. It is preferred to store in warm dry location to avoid moisture issues but may be able to be stored in temperature to -40°C (104°F). Transformer may be energized when the coil temperature is as low as -25°C (-13°F) but it is recommended they not be loaded until the coils reach 0°C (32°F). Fluctuating temperatures can cause condensation issues requiring a Dry-Out procedure. The floor on which the transformer is stored should be impervious to the upward migration of water vapor. Take precaution to guard against water from any source such as roof leaks, broken water or steam lines, windows, etc. It is not recommended that dry-type units be stored outdoors. If that is unavoidable, units must be well protected from snow, rain and other elements. Protection should include an initial wrap of first quality canvas with a final outside covering of plastic tarpaulin. It would also be desirable to include a desiccant such as a silica gel dry-out system to reduce the moisture content inside the assembly. If units are stored outdoors, dry-out is recommended as described on the following page.

INSTALLATION PRECAUTIONS

(1) It is recommended that anti-vibration pads or other vibration isolation devices be present when installing dry-type transformer. Some dry-type transformers may have pre-installed anti-vibration pads or other vibration isolation devices. Most of time the anti-vibration pads are provided with the dry-type transformers and need to be installed on site. When installing the anti-vibration pads beneath transformer base beam, ensure that lifting the transformer by core & coil only. If the enclosure is provided and attached to the core & coil by shipping angles, make sure that the shipping hooks and shipping angles are removed in all locations (see figure 9 and 10) and then lift the transformer by core & coil only to install the anti-vibration pads (or other vibration isolations required per design).

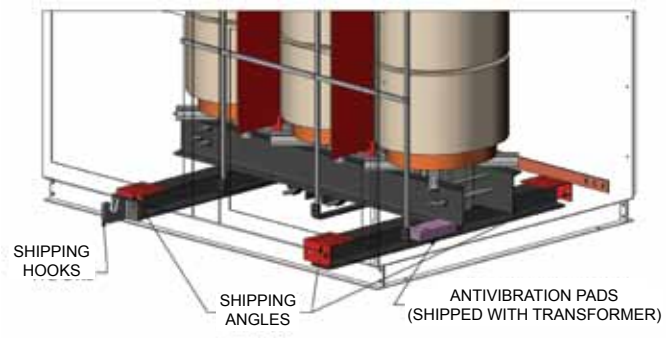


FIGURE 9

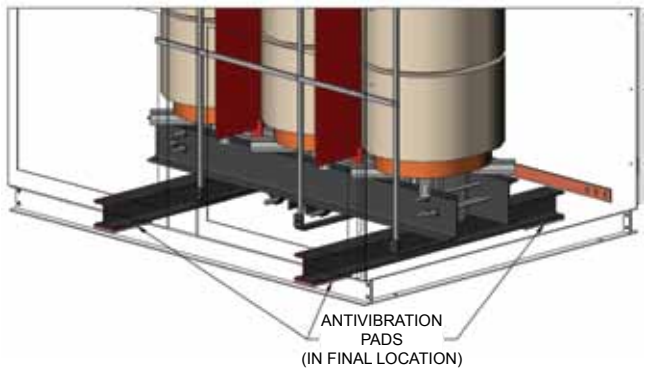


FIGURE 10

(2) Cable type, size and entry location shall confirm to Local Electrical Code.

(3) Terminals and terminal board shall not be used to support the weight of supply or load cables.

(4) Maintain the appropriate clearance between supply cables and live parts of transformer based on system voltages. (refer to section 10 of Field Testing)

(5) Use of flexible connectors for bus connections is recommended.

(6) Recommend the supply cables come in from bottom and/or side and shall not block ventilation openings.

(7) If any drilling needs to be done, please ensure that core and coil assembly must be protected by a cover sheet (e.g. Tarp) so that nothing can land on or in coil during or after drilling and when cover sheet is removed.

DRY-OUT

If a transformer has been exposed to moisture such as condensation or rain, or stored in a high humidity environment, the unit must be dried out prior to energization. First, immediately remove the transformer from service. Megger test at intervals to indicate a change is taking place with the moisture content in the insulation. Then proceed with any of the following dry-out methods:

(1) Free moisture should be blown or wiped off any Surface of the transformer to reduce the time of the dry-out period.

(2) Direct external forced air, hot or warmed, or radiant heat-up through the windings with all the ventilation openings cleared. Recommended temperature should not exceed 105°C (221°F). Continue this for a minimum of 24 hours or until all evidence of moisture or condensation is no longer visible.

(3) Electric heaters could be installed inside the enclosure - particularly for units stored outdoors. These heaters should be located under the windings on both sides of the core. If heaters are used, air circulation through the enclosure must still be permitted. Fiberglass furnace filters may be mounted temporarily over the inlet and outlet ventilation openings to minimize dust accumulation within the enclosure. These filters must be removed before the transformer is put into service. Recommended temperature should not exceed 105°C (221°F).

(4) For dry-out using internal heating through the shorted terminal method, please contact the transformer manufacturer for specific instructions. The principles of this method require to short circuit LV and supply current to HV no more than 100% of nameplate current rating. The winding temperature should not exceed 105°C (221°F) refer to section 4 of Field Testing.

It is emphasized that only specifically qualified personnel undertake this work.

Transformers that have been exposed to flood conditions, direct rain or sprinklers, may not be able to be dried out appropriately. Consult the manufacturer for further instructions.

LOCATION

Ventilated dry-type transformers normally are designed for installation indoors in dry locations. They will

operate successfully where the humidity is high, but under this condition it may be necessary to take precautions to keep them dry if they are de-energized for appreciable periods. Refer to dry out instructions. Dry-type units covered by this guideline are designed for operation at altitudes not exceeding 1000 m (3300 ft.) unless transformer has been specifically designed for higher altitude.

Environmental Considerations:

Ventilated dry-type transformers should not be located in environments containing contaminants including dust, fertilizer, excessive moisture, chemicals, corrosive gases, oils or chemical vapors. Locations where dripping water is present are to be avoided. If this is not possible, suitable protection must be provided to prevent water from entering the transformer enclosure.

Dry-type transformer should not be installed in areas accessible to the public unless specially designed for that.

Dry-type transformers can be located outdoors, but they must be designed especially for outdoor environmental protection. Suitable weather resistant and tamper-proof enclosures are required in locations where there is driven water, snow, dust and sand particles should be avoided. Consult the transformer manufacturer for further information.

Transformer with open bottom, should not be installed on or over combustible surfaces.

Ventilation:

Transformers must be located at least 2 feet away from walls, obstructions, adjacent transformers or other reflecting surfaces on ventilation side unless otherwise marked. Or further if there is another heat source.

Directed air in the room near the transformer can disturb the natural air flow for cooling through the winding.

Adequate ventilation is essential for the proper cooling of transformers. Clean, dry air is desirable. If the location has unusually high airborne contaminants, optional filters may be required. If transformers are installed in vaults or other places with restricted air flow, sufficient ventilation shall be provided to maintain correct air temperatures. The limits are specified by CSA or ANSI standards and are measured near the transformer ventilation openings. The area of ventilation openings required depends on the height of the vault or transformer room and the location of transformer ventilation openings. For self-cooled transformers, the required effective area must be at least one square foot each of inlet and outlet per 100 kVA of rated transformer capacity, after deduction of the area occupied by screens, gratings, or louvers.

This is necessary to provide sufficient free circulation of air through and around each unit. This will also permit ready access for maintenance.

If the transformer is to be located near combustible materials, the minimum distance established by The Local Electrical Code should be maintained.

SOUND LEVELS

The audible sound produced by transformers is due to energizing of the core by the alternating voltage applied to the windings. This creates vibrations whose fundamental frequency is twice the frequency of the applied voltage. The vibrations producing audible sound can occur in the core mounting and in the housing. The transmission of sound from the transformer can be by various media such as

air, metal, concrete, wood or any combination. Amplification of audible sound can occur in a given area due to the presence of reflecting surfaces or mounting surfaces.

Sound levels for transformers can vary from 60 dBA for a 500 kVA to 76 dBA for a 10,000 kVA and more.

These sound levels are determined by CSA and ANSI Standards and are based on the following:

- **Sound levels specified are for a non-loaded condition at rated voltage and frequency**
- **Units are tested in a low ambient noise environment**
- **Walls or reflecting surfaces are at least 10' away from all sides of the transformer.**

It should be noted therefore that operating transformers when connected to a load, will exhibit higher sound levels than the standards referenced. Additionally, transformers are frequently installed in more confining electrical rooms which will have the effect of increasing the apparent sound level. Transformers will exhibit higher than normal sound levels if installed on suspended floors that may resonate. It is a good practice to install power units on the ground floor or basement level to avoid suspended floors and away from office or living quarters. Vibration dampeners or spring isolators are also recommended to attenuate sound levels.

Flexible connectors can be installed between the bus bars and other equipment to avoid vibration transfer. Ensure all mounting bolts are tightened and that the transformer housing is securely assembled and separate from the transformer itself.

Transformers installed in close proximity to each other can experience a resonant frequency between them that results in higher than normal sound levels.

If noise levels are a factor in the location of any transformer, special consideration should be given to the installation site and attenuation equipment. Interrupting the sound transmission medium with the installation of sound absorbing foam or fiberglass material on the ceiling or walls, could be considered.

GROUNDING

All non-current carrying metal parts in transformers must be grounded, including the core and enclosure. Standard construction has the core grounded through direct contact with the clamping structure. Cores that have metal bolts passing through them are insulated from the core clamps and grounded at a single point. Isolating the core in this manner is necessary on these transformers only to determine if there is an insulation failure in any through-bolts that might cause a high circulating current or hot spot. There are no requirements for isolating cores in any standards including UL, ANSI, CSA, IEEE and IEC.

FIELD TESTING

It is recommended that separate field testing and inspection be made before placing a transformer in service to determine that it is in satisfactory operating condition and to obtain data for future comparison. Tests and procedures as recommended in ANSI/IEEE is recommended as a minimum.

Where low-frequency applied-voltage, induced-voltage, insulation resistance or megger, for acceptance are conducted the test voltages shall not exceed 75% of factory test values. When field tests are made on a periodic basis, it is recommended that the test voltages be limited to 65% of factory test values. Disconnect surge arrestors if supplied. It is

emphasized that any tests should be conducted by competent or qualified personnel in accordance with recognized safety standards and codes, particularly NFPA 70E or CSA Z462.

(1) If the transformer has been shut down for a period of time, it must first be visually inspected for evidence of condensation or moisture, also dust and dried out as described earlier.

(2) Fans, motors, relays and other devices should be inspected to be certain they are working correctly.

Accessories such as lightning arresters must be installed in accordance with the assembly drawing provided.

(3) Verify the selection of taps, as per the nameplate and ratio the connections - all taps should be in the identical position on each coil (note there may be more than one set of taps on coil). Taps can only be changed when the unit is de-energized.

(4) Some units are provided with winding temperature equipment. An instruction manual, complete with drawings, will have been provided. These devices consist of a temperature indicator and a thermal sensing bulb. Ensure that all parts have been assembled and installed correctly. Failure to install this sensing bulb into the correct insulated sleeve can result in severe damage to the transformer. Maintain electrical clearance if installing sensing probes from the temperature monitor or terminal block. For winding > 30kV BIL, do not put probe in the coil unless instructed to do so.

Thermowell stick type

Thermowell tube type

(5) Check for tightness and cleanliness of all electrical connections including taps, phase connections and grounds.

RECOMMENDED BOLT TORQUE FOR BOLTED ELECTRICAL CONNECTIONS

BOLT SIZE	CARBON ST. GRADE 5 ft-lbs [Nm] ±5%	BRASS GRAD 5 ft-lbs [Nm] ±5%	S.S STEEL B8 OR B8M ft-lbs [Nm] ±5%
1/4-20 UNC	8 [10.8]	5 [6.8]	5 [6.8]
3/8-16 UNC	30 [40.7]	15 [2.3]	20 [27.1]
1/2-13 UNC	75 [102]	35 [47.4]	50 [67.8]

(6) An insulation resistance test should be conducted on each unit. It determines the integrity of the insulation. An insulation resistance test is of value for future comparative purposes and for determining the suitability of the transformer for a high potential test. This test should be completed before the high potential or Hi-Pot test.

Variable factors affecting the construction and use of dry-type transformers makes it difficult to set limits for the insulation resistance. Experience to date indicates that 2 megohms, (one minute reading at approximately 25°C) per 1000 volts of nameplate voltage rating, but in no case less than 2 megohms total, may be a satisfactory value for insulation resistance. Insulation megger test (500

V or 1000 V DC). Tests to be done between:

LV to HV + Ground

HV to LV + Ground

Core to Ground (if the core is isolated)

Note: If the transformer core is isolated, then the core strap between the core and the top core clamp, must be disconnected before taking the reading from core to ground.

(7) Polarity or phase relation.

(8) Resistance measurements of windings.

(9) Ratio test for full winding and for all tap positions.

(10) Ensure that minimum clearances are maintained for all current carrying parts including windings, internal cable connections, NGR, CT's, auxiliary transformer and bus bars.

The following table may be used as a guide for minimum clearance for altitude not exceeding 1000 m (3300 ft). Above 1000 m (3300 ft) consult factory.

Transformer Voltage Class	Minimum Clearance (mm)	Minimum Clearance (in.)
1.2 KV	25	1
2.5 KV	50	2
5.0 KV	100	4
8.7 KV	130	5.3
15 KV	200	8
18 KV	250	10
25 KV	300	12
34.5 KV	400	16

Note: "Some specific component parts of a transformer may require clearances different than those indicated above. For those exceptions, you should comply with the instructions provided in the assembly drawings or installation procedure."

MAINTENANCE

CAUTION

The transformer must be de-energized prior to any maintenance. It is also recommended that all terminals be grounded.

FAILURE TO DE-ENERGIZE THE TRANSFORMER BEFORE OPENING THE ENCLOSURE COULD RESULT IN SERIOUS PERSONAL INJURY OR DEATH

Periodic Inspection and Maintenance:

Generally, very little maintenance is required for dry-type transformers. However, periodic care and inspection is required to ensure long-term, successful operation. The frequency of inspection will depend on the conditions where the transformer is installed.

For clean, dry locations, an annual inspection is normally sufficient. For other locations where the air is contaminated with dust or chemical vapors, inspection at three or six month intervals may be required.

With the transformer de-energized, remove all access panels on the enclosure and ground the terminals. Inspect for dirt particularly on insulating surfaces or any surface which tends to restrict air flow. Insulators, terminals and terminal boards should be inspected for discharge (tracking), breaks, cracks or burns and tightness of hardware. It is necessary to clean these parts to prevent flashover due to the accumulation of the contaminant.

Evidence of rusting, corrosion, and deterioration of the paint should be checked and corrective measures taken where necessary. Fans, motors, and other auxiliary devices should also be inspected and serviced.

CLEANING

If excessive accumulation of dirt is apparent on the transformer windings or insulators, the dirt must be removed to permit the circulation of air. Particular attention should be given to cleaning the top and bottom ends of the winding assemblies and to cleaning ventilation ducts.

The windings may be cleaned with a vacuum cleaner, blower, or with compressed air. A vacuum cleaner is preferred as a first step followed by the use of compressed air. The compressed air should be clean and dry and applied at a relatively low pressure (not over 25 pounds per square inch). Leads, lead supports, coil support, terminal boards, bushings and other major insulating surfaces should be brushed or wiped with a dry cloth. The use of liquid cleaners is undesirable due to solvents which could have a detrimental effect on insulating materials.

FIELD SERVICE

The following is intended as a trouble shooting guide to help determine corrective measures for power transformers in the field. It is emphasized that only qualified personnel should be permitted to examine installed transformers. Transformer must be de-energized before any work is conducted on a transformer. It is also recommended that all terminals be grounded.

(1) Overcurrent

Fully loaded transformers may appear warm to the touch. Standards permit the temperature of the transformer enclosure cover to be 65°C (149°F) [80°C (176°F) in not readily accessible location] over ambient which at 40°C(104°F) ambient could be a maximum of 105°C (212°F) [120°C (248°F) in not readily accessible location] continuous. In this condition, the temperature on a thermometer could be at the maximum of 220°C (428°F).

When temperatures exceed this, overheating of the transformer occurs and damage may result. Check for these conditions:

- ➲ continuous overload or overloads for long periods
- ➲ wrong external connections
- ➲ excessive input voltage or current
- ➲ voltage or current harmonics
- ➲ poor room ventilation or heating from other sources
- ➲ high ambient temperatures [standards permit 30°C (86°F) average, 40°C (104°F) maximum]
- ➲ blocked air ducts or ventilation openings
- ➲ accumulation of dirt and dust restricting air circulation.

(2) Noise and Vibration

Sound levels for power transformers can vary from 60 dB(A) for a 500 kVA to 76 dB(A) for a 10000 kVA. These sound levels are determined by national standards and are based on the following:

- ➲ values are for a non-loaded condition
- ➲ tested in a low ambient noise environment

- ➲ walls or reflecting surfaces at least 10’ [3m] away from all sides of the transformer.

Transformers are frequently installed in more confining electrical rooms, and additionally, when connected to the load, will exhibit higher sound levels than standard. Excessive noise can be caused by:

- ➲ high input voltage
- ➲ high frequency
- ➲ unbalanced loads
- ➲ excessive load current
- ➲ voltage and current harmonics from nonlinear loads
- ➲ loosened core clamps
- ➲ hardware or enclosures loosened due to shipping or handling
- ➲ shipping plates are not removed
- ➲ anti-vibration pads are not installed
- ➲ transformer location

Transformers will exhibit higher than normal sound levels if installed on suspended floors that may resonate. It is a good practice to install power units on the ground floor or basement level to avoid suspended floors. Vibration dampeners or spring isolators are recommended to attenuate sound levels. Additionally, **flexible connectors** should be installed between the bus bars and other equipment to avoid vibration transfer.

Transformers installed in close proximity to each other can also experience a resonant frequency between them that will result in higher than normal sound levels.

(3) Reduced or Zero Voltage

Loose connections on transformer terminals or terminal boards, broken lead wires or shorted turns are possible sources. As well, reduced output voltage may be from an incorrectly selected tap position.

(4) Excess Secondary Voltage

Can be caused by higher input voltage or an incorrect tap position.

(5) Smoke from Transformer

Uncured or excessive varnish or encapsulation material burning clear on start-up may cause smoke. This is usually not a reason for either concern or a long term risk for the transformer.

Smoke and or fumes on start up is common and is the result of oils and lubricants used in the manufacturing process. The smoke is considered an irritant and should be temporarily ventilated. It is not a long term health risk.

(6) High Core Loss

Causes are high input voltage and/or lower frequency.

- ➲ gap in core

(7) Burned Insulation or Insulation Failure

With evidence of burned insulation, check for the following:

- ➲ continuous overload condition
- ➲ excessive harmonics
- ➲ overheating due to ventilation
- ➲ lightening surge
- ➲ switching or line disturbance
- ➲ broken leads or arresters
- ➲ damaged terminals or terminal boards
- ➲ shorted turns or mechanical damage
- ➲ contamination (insulation failure)

If transformer cores show evidence of overheating and discoloration, insulation near the core may also appear discolored. Very high core temperatures are caused by:

- ➲ high input voltage
- ➲ lower frequency or saturation of the core due to voltage harmonics.

(8) Ferroresonance

Significant over voltages may occur on transformers due to the phenomena of ferroresonance. Ferroresonance is caused by both the use of single pole switching with ungrounded primaries and capacitor switching restrike.

The transient voltages generated are well in excess of the transformer's inherent ability to withstand over voltage. Transformers are designed to operate at 6% over voltage at rated load, and 10% under voltage at no load.

In order to reduce the risk and help protect the transformer, the user may want to consider that transformers operating at 60 kV BIL or higher, have metal oxide arrestors installed at the entry point to the transformer on all phases. This applies to either the primary or secondary, if either is rated 60 kV BIL or higher. Ferroresonance may cause significant damage to electrical equipment, particularly transformers and protection is recommended.

(9) High Exciting Current

Can be caused by:

- ➲ high input voltage
- ➲ low frequency
- ➲ shorted turns
- ➲ gaps in the core due to shifting during shipment or handling.

(10) Oscillatory Switching Transients

Occasionally, when a transformer is switched into or out of a system, a transient recovery voltage containing a large component of high frequency voltage will be subjected to the terminals of the transformer. This occurs most often when a vacuum breaker is used and is a direct result of the characteristic of the vacuum breaker to chop current. These current chops and subsequent re-ignitions produce a transient voltage at the terminals of the transformer that is oscillatory, of high frequency and prolonged duration. When this applied voltage has a frequency component near one of the natural frequencies of the transformer and of sufficient duration, internal damage to the insulation structure of the transformer will result.

When a transformer is used with vacuum or SF6 circuit breakers, we recommend that the system engineer reviews the possibilities of oscillatory switching transients and employs appropriate mitigating methods to avoid transformer insulation damage.

(11) Core Grounding

All non-current carrying metal parts in transformers must be grounded, and this includes the core. Transformer cores with through bolts must be insulated from the core clamps and grounded at a single point. Isolating the core in this manner is necessary to determine if there is an insulation failure in any through-bolts that might cause a high circulating current or hot spot. Through-bolts are not used in modern power transformer construction and core isolation is not necessary. There are no requirements for isolating cores in any standards including UL, ANSI, CSA, IEEE and IEC. If there is a low megger reading, or low resistance between the core and ground on power transformers, causes may include:

- ➲ dirt, dust or moisture bridging the insulation between the core and the core frames

- shifted insulation due to shipping or handling.

It is emphasized that low megger readings - an indication of low insulation levels between the core and ground- are not of concern unless there are through bolts. The core is intended to be grounded in any event.

(12) Coil Distortion

Short circuited coils exhibit severe distortion from their normal round or symmetrical appearance.

(13) High Conductor Loss

Overloads, or terminal boards not on the identical tap position can result in conductor heating.

(14) Breakers/Fuses Opening

Breakers and fuses opening can be caused by:

- overload conditions
- voltage or current harmonics
- short circuit
- insulation failure that causes excessive current.
- voltage too high when energized
- setting too low to allow for inrush current

(15) Excessive Cable Heating

Causes include:

- improperly bolted or crimped connections
- loose connectors
- loose lead wires or terminals
- incorrectly sized cables or terminals
- overload condition

(16) Moisture

If a transformer has been exposed to moisture such as condensation or rain, the unit should be dried out prior to energization. (refer to Dry-Out section on page 7)

Hot or warmed air, radiant heat or internal heat should be directed through the windings. This should continue for 24 hours or until after the evidence of condensation is no longer visible.

Transformers that have been exposed to flood conditions, direct rain or sprinklers, may not be able to be dried out appropriately. Consult the factory for further instructions.

If any of the above conditions are evident, the transformer should be immediately removed from service. Corrective measure should be undertaken in consultation with the manufacturer representatives or qualified personnel.

After an evaluation has been completed, the transformer may be reenergized after the appropriate reworking, or the unit may have to be returned to the factory for further evaluation or repair.

INSTALLATION, FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN

POUR TRANSFORMATEURS SECS INTÉRIEURS ET EXTÉRIEURS AVEC BOÎTIER DES SÉRIES NJ6, NJ7 OU P

Remarque : Ce guide contient des explications en trois langues (anglais, français, espagnol)

N° de document : **IOMGPOW**
Date de parution : Janvier 2011

Consignes de sécurité

1) **Ne levez pas et ne déplacez pas un transformateur sans disposer de l'équipement approprié et du personnel expérimenté. Les accessoires pour le levage sont fournis dans le boîtier sur le noyau-bobines uniquement. Utilisez toujours tous les accessoires de levage fournis par le fabricant.**
   NE SOULEVEZ PAS LE TRANSFORMATEUR PAR LE BOÎTIER.
   Il est recommandé de faire rouler et glisser les transformateurs équipés à l'origine d'un traîneau.

2) **Ne déchargez pas le transformateur tant qu'une inspection complète n'a pas été exécutée.**

3) **N'utilisez les bornes que pour les branchements électriques. Il est recommandé d'installer des connecteurs flexibles sur les barres omnibus. Les bornes de connexion du transformateur ne sont pas conçues pour supporter le poids d'un câble d'alimentation ou de charge. Il est possible d'ajouter des supports Unistrut pour conserver les dégagements minimaux appropriés.**

4) **Les branchements doivent respecter le schéma de la plaque signalétique ou les diagrammes de connexion.**

5) **Vérifiez que la source d'alimentation est coupée avant de commencer à travailler sur le transformateur ou dans la boîte de commande, et reliez tous les enroulements à la terre.**

6) **Vérifiez que toutes les liaisons à la terre, les bornes de lignes et les prises sélectionnées sont complètes et bien serrées avant de mettre le transformateur sous tension.**

7) **Ne tentez pas de changer des prises (primaires ou secondaires), alors que le transformateur est sous tension.**

8) **Ne changez pas les connexions lorsque le transformateur est sous tension.**

9) **Ne modifiez pas les panneaux de commande, les alarmes, les verrouillages ni les circuits de commande.**

10) **Ne réglez pas et ne retirez pas les accessoires ou les plaques de recouvrement lorsque le transformateur est sous tension.**

11) **Aucun câble d'alimentation ne doit entrer en contact avec le noyau-bobines ou une pièce sous tension, sauf la borne qui est prévue à cet effet. Veillez à conserver les dégagements minimaux prévus (consultez la section 10 de Essai pratique).**

TABLE DES MATIÈRES

Domaine d’application	20
Réception et inspection	20
Procédures de levage	21
Entreposage	23
Précautions concernant l’installation	23
Séchage	24
Emplacement d’installation	25
Niveaux de bruit	25
Mise à la terre	26
Essai pratique	26
Entretien	28
Nettoyage	29
Service après-vente	29

DOMAINE D'APPLICATION

Ce guide donne des recommandations concernant l'application, l'installation, le fonctionnement et l'entretien des transformateurs secs monophasés et triphasés et des bobines de réactance à noyau de fer avec ou sans boîtier. Il est important de comprendre que ces consignes abrégées doivent être suivies en conformité avec toutes les normes relatives à ce type de travail et doivent être vérifiées dans ce contexte.

Les méthodes recommandées dans ce guide concernent des applications générales. Toute utilisation particulière doit faire l'objet d'une vérification auprès du fabricant du transformateur ou de son représentant.

Il est fortement recommandé d'effectuer l'installation en conformité avec la norme ANSI/IEEE C57.94. Il s'agit de la méthode IEEE recommandée pour l'installation, l'application, le fonctionnement et l'entretien des transformateurs secs d'usage général.

RÉCEPTION ET INSPECTION

Avant tout déchargement, il convient d'inspecter l'exactitude des renseignements relatifs à l'expédition des transformateurs. Vérifiez que le numéro de pièce indiqué sur la plaque signalétique du transformateur correspond bien à celui du bordereau d'emballage et du connaissement.

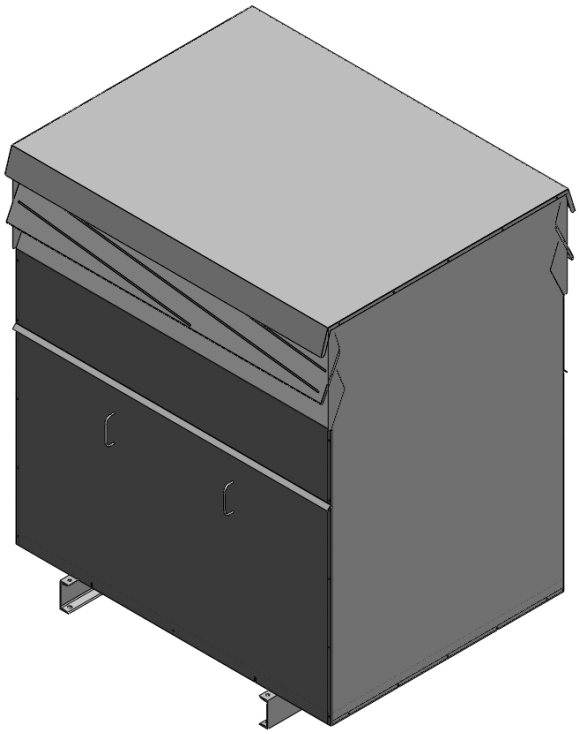
Inspectez les transformateurs immédiatement à la réception pour voir s'il existe des dégâts ou des signes de manutention brusque durant l'expédition.

Cet examen doit avoir lieu avant que les transformateurs ne soient déchargés du véhicule de transport. Il faut également rechercher tout signe d'eau ou de contaminants pouvant avoir touché le transformateur au cours du transport.

Le cas échéant, une réclamation doit être remplie avec le transporteur, et le fabricant doit être prévenu.

Les transformateurs secs ventilés sont livrés tout assemblés dans un boîtier en métal ou sous forme d'un ensemble de noyaux-bobines avec ou sans boîtier en métal. Toutes les pièces et composantes sont emballées dans des feuilles de plastique transparent et recouvertes d'une bâche d'expédition. Au besoin, des schémas détaillant l'assemblage sont joints à l'envoi dans un emballage séparé.

Après avoir reçu l'appareil, retirez les couvercles ou les panneaux et inspectez l'intérieur pour voir si des pièces sont abîmées ou déplacées, si des connexions sont desserrées ou brisées, si des barrettes de connexions sont endommagées, ou s'il y a présence de saleté, de matériaux étrangers, d'eau ou d'humidité. En cas de dommages visibles, communiquez immédiatement avec le fabricant du transformateur ou votre représentant.



BOÎTIER DE TYPE NJ

PROCÉDURES DE LEVAGE

Des consignes concernant le levage sont fournies avec tous les transformateurs secs. En fonction du poids total du transformateur, les accessoires de levage consisteront en 2 ou 4 boulons à oeil à épaulement de 16 mm (5/8 po) ou 19 mm (3/4 po) ou en une paire de cornières élévatrices (voir figure 1). Les boulons à oeil à épaulement sont utilisés pour les appareils d'un poids inférieur à 6 804 kg (15 000 lb). Les cornières élévatrices sont utilisées pour les appareils d'un poids égal ou supérieur à 6 804 kg (15 000 lb). Il est fortement recommandé d'utiliser des élingues lors du levage en angle.

Boulons à œil à épaulement

Cornière élévatrice

FIGURE 1

Procédure

Il est impératif de lire et de comprendre les consignes suivantes avant de procéder au levage.

1) Retirez le toit s'il s'agit d'un boîtier de type NJ (voir figure 2) ou le couvercle de levage situé sur le toit du boîtier d'alimentation (voir figure 3).

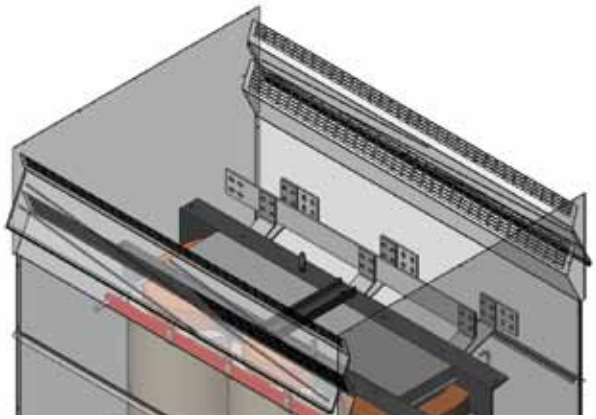


FIGURE 2

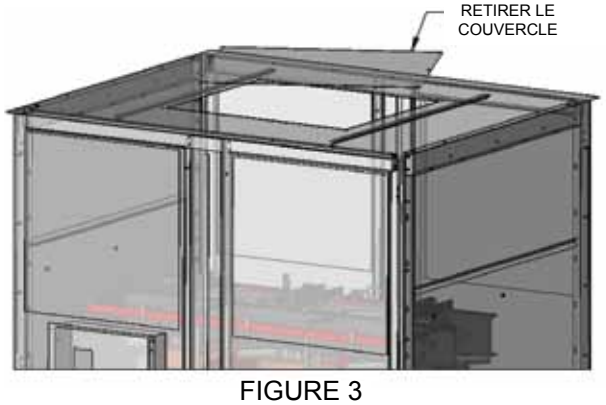


FIGURE 3

2) Vérifiez que les boulons à oeil à épaulement pour le levage ou les cornières élévatrices sont bien fixés et bien serrés.
3) Vérifiez la capacité de levage des chaînes ou des élingues, de la grue ou des autres moyens utilisés. Consultez le poids du transformateur inscrit sur la plaque signalétique.
4) Mesurez la distance entre les boulons à oeil à épaulement et les cornières élévatrices (voir figures 4 et 5).

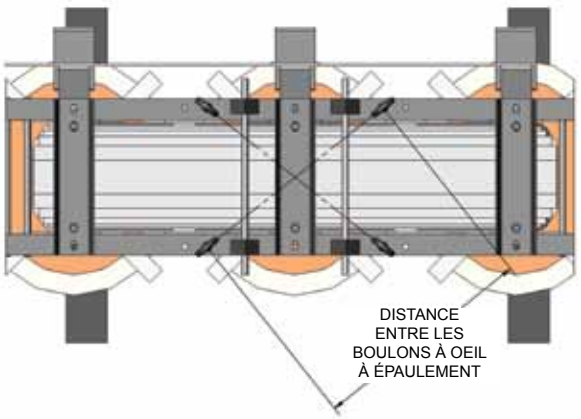


FIGURE 4

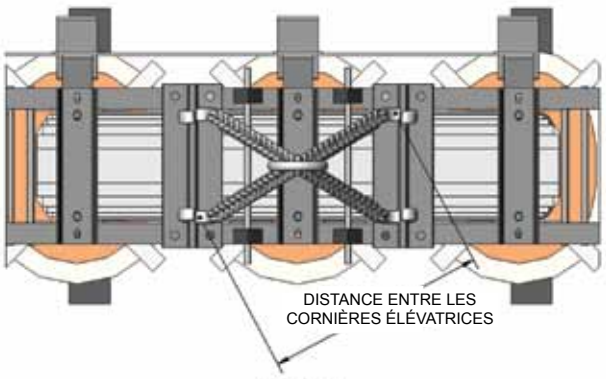


FIGURE 5

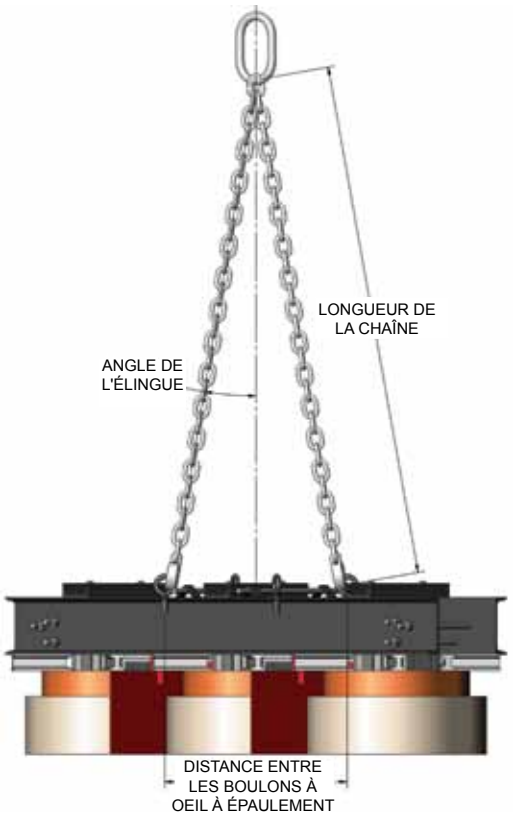


FIGURE 6

TABLEAU 1

*Centre	Longueur de la chaîne (pi)							
de l'œillet	3 pi	4 pi	5 pi	6 pi	7 pi	8 pi	9 pi	10 pi
10 po	8°	6°	5°	4°	3°	3°	3°	2°
12 po	10°	7°	6°	5°	4°	4°	3°	3°
14 po	-	8°	7°	6°	5°	4°	4°	3°
16 po	-	10°	8°	6°	5°	5°	4°	4°
18 po	-	-	9°	7°	6°	5°	5°	4°
20 po	-	-	10°	8°	7°	6°	5°	5°
22 po	-	-	-	9°	8°	7°	6°	5°
24 po	-	-	-	10°	9°	8°	6°	6°
26 po	-	-	-	10°	9°	8°	7°	6°
28 po	-	-	-	-	10°	8°	7°	7°
30 po	-	-	-	-	10°	9°	8°	7°
32 po	-	-	-	-	-	10°	9°	8°
34 po	-	-	-	-	-	10°	9°	8°
36 po	-	-	-	-	-	-	10°	9°

*Remarque : Distance entre les œillets de levage sur les châssis avant et arrière

1 po = 2,5 cm
1 pi = 0,3 m

5) Vérifiez que l'angle de l'élingue est inférieur à 10 degrés (voir figure 6 et tableau 1).

6) Le sens de traction (ou ligne d'élingue) doit se trouver dans l'alignement du niveau de l'œil des boulons. Si vous levez le transformateur avec une élingue quadruple, alignez les quatre boulons à œil par rapport au centre de l'appareil (voir figure 5). Si vous levez l'appareil avec une élingue double, veillez à ce que les boulons soient

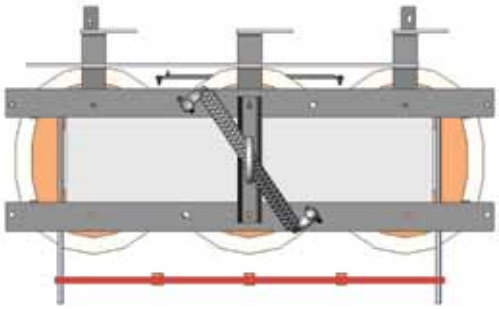


FIGURE 7

installés à des angles opposés de l'appareil et alignez-les par rapport à son centre (voir figure 7).

7) Lors du levage, utilisez toujours tous les boulons à œil et tous les trous de levage des cornières pour éviter de surcharger les boulons ou de tordre le châssis.

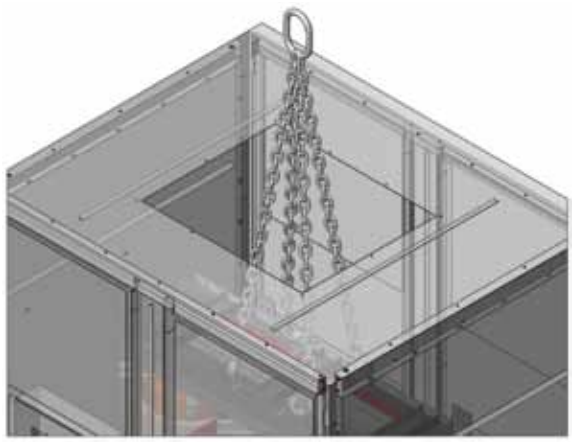


FIGURE 8

8) Soulevez l'appareil par le noyau et la bobine seulement, grâce à la découpe ménagée dans le toit du boîtier (voir figure 8).

Ne soulevez pas le transformateur par le boîtier.
Ne soulevez pas le transformateur avec des crochets de levage.
Ne soulevez pas le transformateur par-dessous le boîtier.
Ne secouez pas l'appareil lors du levage afin d'éviter le stress mécanique.

Ne poussez pas, ne glissez pas et ne tirez pas le transformateur directement sur le sol à moins qu'il ne soit muni d'un traîneau.

ENTREPOSAGE

Les appareils doivent être entreposés dans un emplacement chaud, sec et exempt de poussière ou de contaminants de l'air. L'humidité relative à laquelle les matériaux d'isolation électrique sont exposés doit être aussi basse que possible. Il est préférable d'entreposer l'appareil dans un endroit chaud et sec pour éviter les problèmes d'humidité. Il peut cependant être entreposé à des températures pouvant descendre jusqu''à -40 ºC (104 ºF). Le transformateur doit être mis sous tension lorsque la température de la bobine descend à -25 ºC (-13 ºF). Il est cependant recommandé de ne pas le charger avant que la bobine atteigne 0 ºC (32 ºF). La variation de température peut entraîner des problèmes de condensation nécessitant une procédure de séchage. Le sol sur lequel repose le transformateur doit être imperméable à la montée de la vapeur d'eau. Prenez des mesures pour protéger l'appareil de l'eau pouvant provenir de fuites sur le toit, de bris de canalisations ou de conduites de vapeur, des fenêtres, etc. Il est déconseillé d'entreposer les appareils secs à l'extérieur. Si vous ne pouvez pas l'éviter, protégez-les bien contre la neige, la pluie et les autres intempéries. Cette protection doit être constituée d'une première couche de toile de première qualité et recouverte par une bâche de plastique conçue pour l'extérieur. Il est également recommandé d'y inclure un produit dessiccatif comme un système asséchant au gel de silicone afin de réduire l'humidité se trouvant dans l'appareil. Si les appareils sont entreposés à l'extérieur, il est recommandé de procéder au séchage selon la méthode indiquée à la page suivante.

PRÉCAUTIONS CONCERNANT L'INSTALLATION

1) Il est recommandé d'utiliser des coussinets antivibrations ou des dispositifs d'isolation des vibrations lors de l'installation du transformateur sec. Il se peut que certains transformateurs secs aient été équipés en usine de coussinets antivibrations ou d'autres dispositifs d'isolation des vibrations. La plupart du temps, les coussinets antivibrations sont fournis avec les transformateurs secs et doivent être installés sur place. Lors de l'installation des coussinets antivibrations sous la traverse de soutien du transformateur, veillez à ne lever l'appareil que par le noyau-bobines. Si le boîtier est fourni et s'il est fixé au noyau-bobines par les cornières d'élévation, veillez à retirer tous les crochets de levage et les cornières d'expédition (voir figures 9 et 10), puis levez le transformateur par le noyau-bobines uniquement afin d'installer les coussinets antivibrations (ou les autres dispositifs antivibratoires nécessaires pour l'appareil).

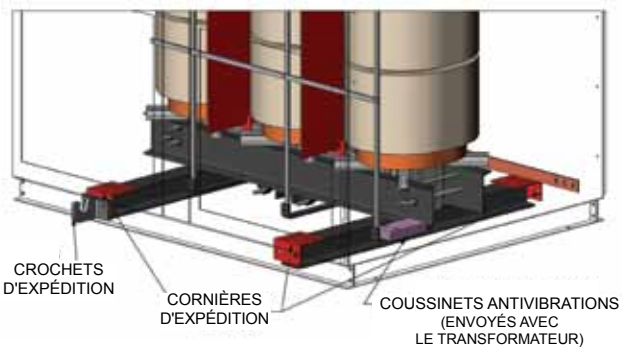


FIGURE 9

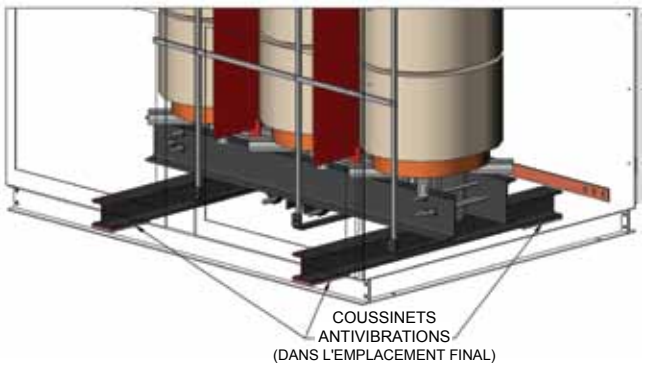


FIGURE 10

2) Le type, la taille et l'emplacement du câble doivent respecter les exigences du Code de l'électricité.
3) Les bornes de connexion et le bornier ne doivent pas servir à supporter le poids des câbles d'alimentation ou de charge.
4) Respectez le dégagement minimal entre les câbles d'alimentation et les pièces sous tension du transformateur, en fonction de la tension du système (consultez la section 10 de Essai pratique)

5) Il est recommandé d'installer des connecteurs flexible s sur les barres omnibus.

6) Il est recommandé de faire sortir les câbles d'alimentation par le bas ou le côté. Ils ne doivent pas bloquer les bouches de ventilation.

7) Si vous devez percer le boîtier, veillez à ce que le noyau-bobine soient bien protégés (p. ex. bâche) fin que rien ne puisse tomber sur ou dans la bobine pendant ou après le perçage, lorsque vous retirez la protection.

SÉCHAGE

Si le transformateur a été exposé à l'humidité, comme la condensation ou la pluie, ou entreposé dans un milieu très humide, il doit être séché avant d'être mis sous tension. Commencez par mettre immédiatement le transformateur hors service. Procédez périodiquement à un test avec un mégohmmètre pour voir s'il y a un changement d'humidité dans l'isolation. Effectuez ensuite l'une des procédures de séchage ci-dessous :

1) Séchez ou essuyez l'humidité se trouvant sur la surface du transformateur pour réduire la période de séchage.

2) Envoyez l'air forcé, chaud ou réchauffé ou encore le chauffage rayonnant à travers les enroulements en dégageant toutes les bouches de ventilation. La température recommandée ne doit pas dépasser 105 ºC (221 ºF). Poursuivez l'opération pendant 24 heures ou jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucune trace d'humidité ni de condensation.

3) Il est possible d'installer des appareils de chauffages électrique dans le boîtier, surtout s'il s'agit d'appareils entreposés à l'extérieur. Ces appareils de chauffages devraient être placés sous les enroulements, de chaque côté du noyau. Si vous utilisez des appareils de chauffages, la circulation d'air doit être possible dans le boîtier. Les filtres de fournaise en fibre de verre peuvent être montés temporairement sur les bouches d'entrée et de sortie d'air pour réduire l'accumulation de poussière dans le boîtier. Ces filtres doivent être retirés avant la mise en service du transformateur. La température recommandée ne doit pas dépasser 105 ºC (221 ºF).

4) Si vous désirez sécher avec un chauffage interne en court-circuit les bornes, communiquez avec le fabricant du transformateur pour obtenir des consignes. Les principes de cette méthode consistent à court-circuiter la basse tension et à alimenter la haute tension au maximum du courant nominal indiqué sur la plaque signalétique. La température de l'enroulement ne doit pas dépasser 105 ºC (221 ºF). Consultez la section 4 de Essai pratique.

Il est important que seules des personnes qualifiées effectuent cette tâche.

Il peut être difficile de sécher correctement des transformateurs ayant été soumis à une inondation, de la pluie directe ou des sprinkleurs. Consultez le fabricant pour obtenir d'autres consignes.

EMPLACEMENT D'INSTALLATION

Les transformateurs secs ventilés sont normalement conçus pour être installés à l'intérieur, dans des endroits secs. Ils fonctionnent malgré tout lorsque l'humidité est élevée, mais il est nécessaire de les garder au sec s'ils sont éteints pendant de longues périodes. Consultez les consignes de séchage. Les appareils de type sec concernés par cette directive sont faits pour fonctionner à une altitude ne dépassant pas 1 000 m (3 300 pi), sauf dans les cas ou le transformateur a spécialement été conçu pour une altitude plus élevée.

Considérations environnementales :

Les transformateurs secs ventilés ne doivent pas être utilisés dans des environnements contenant des contaminants comme de la poussière, des engrais, de l'humidité excessive, des produits chimiques, des gaz corrosifs, ou des vapeurs d'huile ou chimiques. La proximité d'eau ruisselante doit être évitée. Si ce n'est pas possible, il faut alors prévoir une protection adéquate pour éviter que l'eau ne pénètre dans le boîtier du transformateur.

Le transformateur sec ne doit pas être installé dans un endroit accessible du public, sauf s'il a été conçu à cet effet.

Les transformateurs secs peuvent être installés à l'extérieur, si toutefois ils ont été spécialement conçus avec une protection extérieure. Ils doivent être équipés de boîtiers à l'épreuve des intempéries et inviolables et ne doivent pas être placés dans des endroits battus par l'eau, la neige, la poussière et le sable. Consultez le fabricant pour obtenir d'autres renseignements.

Les transformateurs à fond ouvert ne doivent pas être installés sur des surfaces combustibles ou près de celles-ci.

Ventilation :

Sauf avis contraire, les transformateurs doivent se trouver à 61 cm (2 pi) au moins des murs, des obstacles, des transformateurs proches ou des autres surfaces réfléchissantes, ou plus loin s'il existe une autre source de chaleur.

L'air orienté dans la pièce près du transformateur peut perturber le débit naturel de refroidissement dans l'enroulement.

Pour pouvoir se refroidir suffisamment, les transformateurs doivent être bien ventilés. L'air doit être propre et sec. Si le taux de contaminants atmosphériques est anormalement élevé, il faudra utiliser des filtres supplémentaires. Si les transformateurs sont installés dans des chambres d'appareillage ou d'autres endroits dans lesquels la circulation de l'air est restreinte, il faut ventiler suffisamment pour maintenir une température adéquate. Les limites sont définies par les normes de la CSA ou de l'ANSI et se mesurent près des bouches de ventilation du transformateur. La superficie des bouches de ventilation requise dépend de leur emplacement sur le transformateur et de la hauteur de la chambre d'appareillage. S'il s'agit de transformateurs autorefroidis, chaque entrée et chaque sortie doivent avoir une superficie d'au moins 0,09 m² (1 pi²) pour un transformateur d'une capacité nominale de 100 kVA, après déduction de la surface occupée par les grillages ou les persiennes.

Cette distance est nécessaire afin de laisser une circulation d'air suffisante à travers et autour de chaque appareil. Ces distances permettent également l'accès pour l'entretien.

Si le transformateur doit être installé près de matières combustibles, la distance minimale définie par le Code de l'électricité doit être respectée.

NIVEAUX DE BRUIT

Le bruit provenant des transformateurs est dû à la mise sous tension du noyau par le courant alternatif envoyé aux enroulements. Ce phénomène entraîne des vibrations dont la fréquence de base est deux fois supérieure à la tension utilisée. Les vibrations produisant un son audible peuvent provenir du noyau du boîtier. Le bruit peut être transmis par divers médias comme l'air, le métal, le béton, le bois ou une combinaison de ces éléments. Il peut être amplifié à certains endroits par la présence de surfaces réfléchissantes ou d'assemblage.

Le niveau de bruit émanant d'un transformateur peut aller de 60 dBA pour un appareil de 500 kVA à 76 dBA pour un appareil de 10 000 kVA ou plus.

Ces niveaux de bruit sont définis par les normes de la CSA et de l'ANSI en fonction des éléments suivants :

- **Les niveaux de bruit indiqués correspondent à des appareils à vide à une tension et une fréquence nominales.**
- **Les appareils sont testés avec un bruit ambiant faible.**
- **Les murs ou les surfaces réfléchissantes se trouvent à 3 m (10 pi) au moins des côtés du transformateur.**

Il faut cependant noter que lorsque les transformateurs en marche sont branchés à une charge, le niveau de bruit devient supérieur aux normes indiquées. En outre, les transformateurs sont souvent installés dans des locaux électriques plus exigus, ce qui tend à augmenter le niveau de bruit apparent. Les transformateurs dépasseront la norme de niveau de bruit s'ils sont installés sur des planchers suspendus pouvant résonner. La bonne méthode consiste à installer les appareils au rez-de-chaussée ou au sous-sol, niveaux dépourvus de planchers suspendus, et à l'écart des bureaux ou des espaces d'habitation. Il est également recommandé d'installer des amortisseurs de vibration ou des isolateurs à ressort pour atténuer le niveau de bruit.

Il est possible d'installer des connecteurs flexibles entre les barres omnibus et le reste de l'équipement pour éviter le transfert des vibrations. Veillez à ce que les vis de fixation soient bien serrées et que le boîtier soit bien assemblée et à distance du transformateur.

Les transformateurs installés très près les uns des autres peuvent émettre une fréquence de résonance produisant un niveau de bruit supérieur à la normale.

Si les niveaux de bruit sont un critère de choix pour l'emplacement du transformateur, il convient de porter une attention particulière à l'endroit de l'installation et à l'équipement d'atténuation du bruit. Il faut alors envisager de réduire la transmission du son en installant de la mousse isophonique ou des matériaux en fibre de verre dans le plafond ou les murs.

MISE À LA TERRE

Toutes les parties métalliques du transformateur qui ne sont pas sous tension doivent être mises à la terre, notamment le noyau et le boîtier. La méthode standard de fabrication veut que le noyau soit directement mis à la terre par contact direct avec la structure de fixation. Les noyaux traversés par des boulons de métal sont isolés à partir des fixations et mis à la terre à un seul endroit. Il est nécessaire d'isoler le noyau de cette manière pour savoir si l'un des boulons d'assemblage peut présenter un problème d'isolation qui entraînerait une circulation élevée du courant ou un point chaud. Aucune norme n'impose l'isolation des noyaux, y compris les normes UL, ANSI, CSA, IEEE et IEC.

ESSAI PRATIQUE

Il est recommandé de procéder à des essais pratiques distincts avant de mettre un transformateur en service, afin de savoir si les conditions de fonctionnement sont satisfaisantes et d'obtenir des données en vue d'une comparaison. Les essais et les procédures recommandées par l'ANSI/IEEE constituent un minimum.

Lorsque l'on procède à des essais diélectriques - tension appliquée, tension induite, par résistance d'isolation ou par mégohmmètre, les tensions utilisées pour l'essai ne doivent pas dépasser 75 % des tensions d'essai en usine. Si les essais pratiques sont faits régulièrement, les tensions d'essai doivent être limitées à 65 % des tensions d'essai en usine. Débranchez les limiteurs de surtension, le cas échéant. Il est important que seules des personnes compétentes ou qualifiées effectuent les essais conformément aux normes et codes de sécurité en vigueur, particulièrement les normes NFPA 70E ou CSA Z462.

1) Si le transformateur est éteint depuis une longue période, il doit d'abord faire l'objet d'une inspection visuelle pour déceler des signes de condensation, de poussière ou d'humidité, et séché selon la procédure décrite plus haut.

2) Les ventilateurs, les moteurs, les relais et autres pièces doivent être inspectés et leur bon fonctionnement doit être vérifié.

   Des accessoires comme des parafoudres doivent être installés conformément au dessin d'assemblage.

3) Vérifiez les prises selon la plaque signalétique et par rapport aux connexions. Toutes les prises devraient être dans la même position sur chaque bobine (il peut y avoir plus d'un ensemble de prises dans la bobine). Les prises ne peuvent être changées que lorsque l'appareil est hors tension.

4) Certains appareils sont équipés d'un dispositif pour mesurer la température des enroulements. Un mode d'emploi complet comprenant des schémas a été fourni avec ce matériel. Ces appareils comprennent un indicateur de température et un bulbe thermostatique. Vérifiez que toutes les pièces sont bien assemblées et bien installées. Si ce bulbe n'est pas installé dans le bon manchon isolé, votre transformateur risque de subir de graves dégâts. Respectez les distances d'isolement lors de l'installation de sondes de détection à partir du contrôleur de température ou du bornier. Si l'enroulement est supérieur à 30 kV TTC, n'installez pas de sonde dans la bobine, sauf instruction contraire.

Sonde thermométrique en forme de bâton

Sonde thermométrique en forme de tube

5) Vérifiez l'étanchéité et la netteté de toutes les connexions électriques, y compris les prises, les branchements aux bornes et la mise à la terre.

FORCE DE SERRAGE RECOMMANDÉE DES CONNEXIONS ÉLECTRIQUES BOULONNÉES			
TAILLE DU BOULON	**ACIER AU CARBONE** Catégorie 5 **pi-lb [N.m] ± 5 %**	**LAITON** Catégorie 5 **pi-lb [N.m] ± 5 %**	**ACIER INOX** B8 OU B8M **pi-lb [N.m] ± 5 %**
1/4-20 UNC	8 [10,8]	5 [6,8]	5 [6,8]
3/8-16 UNC	30 [40,7]	15 [2,3]	20 [27,1]
1/2-13 UNC	75 [102]	35 [47,4]	50 [67,8]

6) Un essai de la résistance d'isolation doit être effectué sur chaque appareil. Il détermine l'intégrité de l'isolation. L'essai de la résistance d'isolation est important pour obtenir des valeurs de comparaison et permet de déterminer si le transformateur est en mesure de subir un essai diélectrique. L'essai de la résistance d'isolation doit être effectué avant l'essai diélectrique.

   Les variables influençant la construction et l'utilisation de transformateurs secs compliquent l'établissement de limites pour la résistance à l'isolation. Jusqu'à présent, l'expérience indique que la valeur de 2 mégohms (lecture d'une minute à 25 ºC [77 ºF] environ) par 1 000 volts de la capacité en voltage de la plaque signalétique, et jamais moins de 2 mégohms au total, constitue une valeur satisfaisante en matière de résistance à l'isolation.

Essai d'isolation au moyen d'un mégohmmètre (500 V ou 1 000 V CC). Essais à effectuer entre :

BT vers HT + Terre

HT vers BT + Terre

Noyau vers Terre (si le noyau est isolé)

Remarque: Si le noyau du transformateur est isolé, alors le feuillard de mise à la terre du noyau se trouvant entre ce dernier et la fixation du haut doit être débranché avant que la mesure soit prise entre le noyau et la terre.

7) Polarité ou relation de phase.

8) Mesure de la résistance des enroulements.

9) Essai de rapport de tout l'enroulement et de toutes les positions des prises.

10) Veillez à conserver les dégagements minimaux prévus pour tous les éléments sous tension, notamment les enroulements, les branchements des câbles internes, les connexions, la liaison du neutre à la terre, les prises médianes, les transformateurs auxiliaires et les barres omnibus.

Le tableau suivant constitue un guide d'espacement minimum à une altitude maximale de 1 000 m (3 300 pi). Pour les altitudes supérieures à 1 000 m (3 300 pi), consultez le fabricant.

Cat. de tension du transformateur	Dégagement minimum (mm)	Dégagement minimum (po)
1,2 kV	25	1
2,5 kV	50	2
5,0 kV	100	4
8,7 kV	130	5,3
15 kV	200	8
18 kV	250	10
25 kV	300	12
34,5 kV	400	16

Remarque : Certaines pièces du transformateur ont besoin de moins d'espace de dégagement que ce qui est indiqué ci-dessus. Pour ces exceptions, respectez les consignes données dans les schémas ou la procédure d'installation de l'appareil.

ENTRETIEN

AVERTISSEMENT

Le transformateur doit être mis hors tension avant l'entretien. Il est également recommandé de mettre toutes les bornes à la terre.

NÉGLIGER DE METTRE LE TRANSFORMATEUR HORS TENSION AVANT D'OUVRIR LE BOÎTIER PEUT CAUSER DES BLESSURES GRAVES OU MÊME LA MORT.

Inspection et entretien réguliers :

De manière générale, les transformateurs secs n'ont besoin que de peu d'entretien. Il est cependant nécessaire de procéder à une inspection et un entretien réguliers pour garantir leur bon fonctionnement à long terme. La fréquence des inspections dépend des conditions d'installation.

Si l'appareil est installé dans un endroit propre et sec, une inspection annuelle est normalement suffisante. S'il est installé dans un endroit où l'air contient de la poussière ou des vapeurs chimiques, l'inspection doit avoir lieu à des intervalles de trois à six mois.

Lorsque le transformateur est hors tension, enlevez tous les panneaux d'accès du boîtier et reliez les bornes à la terre. Éliminez la saleté, particulièrement sur les surfaces isolées ou les surfaces sur lesquelles elle a tendance à obstruer le passage de l'air. Recherchez sur les isolateurs, les bornes et les barrettes de connexions des signes de décharge (cheminement), des bris, des fentes ou des brûlures et une contraction du matériel. Il est nécessaire de nettoyer ces pièces pour éviter le contournement dû à l'accumulation de contaminants.

Recherchez les traces de rouille, de corrosion et de détérioration de la peinture, et prenez les mesures correctives qui s'imposent. Les ventilateurs, moteurs et autres appareils auxiliaires doivent également être inspectés et réparés.

NETTOYAGE

S'il existe une accumulation excessive de saleté sur les enroulements ou les isolateurs du transformateur, il faut l'éliminer pour permettre la circulation de l'air. Il convient de nettoyer tout particulièrement les extrémités supérieure et inférieure des enroulements et les conduits de ventilation.

Les enroulements peuvent être nettoyés à l'aide d'un aspirateur, d'un ventilateur ou d'air comprimé. Il est préférable d'utiliser d'abord un aspirateur, puis de terminer avec l'air comprimé. L'air comprimé doit être propre et sec, et sa pression doit être assez basse (pas plus de 172,4 kPa [25 lb/po²]). Les fils de sortie, leurs supports, le support de la bobine, les cavaliers de connexions, les traversées et les autres surfaces isolantes importantes doivent être brossés ou essuyés avec un chiffon sec. Il est déconseillé d'utiliser des nettoyants liquides dont les solvants peuvent causer des dégâts sur les matériaux isolants.

SERVICE APRÈS-VENTE

Cette partie se veut un guide de dépannage qui vous aidera à définir les mesures correctives à apporter aux transformateurs de puissance. Cependant, seules des personnes qualifiées devraient pouvoir examiner les transformateurs installés. Il est indispensable de couper la source d'alimentation électrique avant d'entreprendre des travaux sur un transformateur. Il est également recommandé de mettre toutes les bornes à la terre.

1) Surtension

Des transformateurs en pleine charge peuvent sembler chauds au toucher. Les normes autorisent une température de 65 ºC (149 ºF) [80 ºC (176 ºF) dans les endroits difficilement accessibles] pour le boîtier du transformateur, ce qui, à une température ambiante de 40 ºC (104 ºF) peut donner un maximum continu de 105 ºC (212 ºF) [120 ºC (248 ºF) dans les endroits difficilement accessibles]. Dans cette situation, la température du thermomètre peut atteindre 220 ºC (428 ºF) au maximum.

Si la température est supérieure à 220 ºC (428 ºF), le transformateur est en surchauffe et des dégâts peuvent survenir. Vérifiez les points suivants :

- surcharge continue ou durant de longues périodes;
- mauvaises connexions externes;
- tension ou courant excessif à l'entrée;
- des harmoniques de tension ou de courant;
- mauvaise ventilation de la pièce ou chaleur provenant d'autres sources;
- températures ambiantes élevées (normes de 30 ºC [86 ºF] en moyenne, 40 ºC [104 ºF] maximum);
- conduites d'air ou bouches de ventilation bloquées;
- accumulation de saleté et de poussière limitant la circulation d'air.

2) Bruit et vibrations

Le niveau de bruit émanant d'un transformateur de puissance peut aller de 60 dBA pour un appareil de 500 kVA à 76 dBA pour un appareil de 10 000 kVA ou plus. Ces niveaux de bruit sont définis par les normes nationales en fonction des éléments suivants :

- les valeurs indiquées correspondent à des appareils à vide;
- les appareils sont testés avec un bruit ambiant faible;
- les murs ou les surfaces réfléchissantes se trouvent à 3 m (10 pi) au moins des côtés du transformateur.

Les transformateurs sont souvent installés dans des locaux électriques plus exigus. En outre, lorsqu'ils sont branchés à la charge, ils dépassent la norme de niveau de bruit. Un bruit excessif peut être causé par :

- une tension d'alimentation très élevée;
- une fréquence élevée;
- des charges déséquilibrées;
- un courant de charge trop élevé;
- les harmoniques de tension ou de courant des charges non linéaires;
- les fixations du noyau desserrées;
- du matériel ou des boîtiers desserrés à la suite de l'expédition ou de la manutention;
- les cales d'expédition n'ont pas été retirées;
- les coussinets antivibrations ne sont pas installés;
- l'emplacement du transformateur.

Les transformateurs dépasseront la norme de niveau de bruit s'ils sont installés sur des planchers suspendus pouvant résonner. La bonne méthode consiste à installer les appareils au rez-de-chaussée ou au sous-sol, niveaux dépourvus de planchers suspendus. Il est recommandé de recourir aux amortisseurs de vibration ou aux isolateurs à ressort pour atténuer le niveau de bruit. En outre, il est possible d'installer des **connecteurs flexibles** entre les barres omnibus et le reste de l'équipement pour éviter le transfert des vibrations.

Les transformateurs installés très près les uns des autres peuvent également émettre une fréquence de résonance à cause d'un niveau de bruit supérieur à la normale.

3) Tension réduite ou inexistante

Il peut s'agir de connexions desserrées sur les bornes ou les cavaliers de connexions du transformateur, ou encore de courts-circuits. La réduction de la tension de sortie peut également provenir de la mauvaise position d'une prise.

4) Tension induite excessive

Peut provenir d'une tension d'entrée plus élevée ou de la mauvaise position d'une prise.

5) Fumée provenant du transformateur

La présence de vernis non traité ou en excès, ou encore l'encapsulation d'un matériau qui brûle au démarrage peut provoquer de la fumée. Il ne s'agit généralement pas d'un problème ni d'un risque à long terme pour le transformateur. L'émission de fumées au démarrage est courante et provient de l'utilisation d'huiles et de produits lubrifiants lors de la fabrication. La fumée est un irritant qui doit être évacué. Elle ne constitue cependant pas un risque sanitaire à long terme.

6) Perte élevée au noyau

Phénomène causé par une tension d'alimentation élevée ou une fréquence plus basse.

- lacunes dans le noyau

7) Isolation brûlée ou défaillante

S'il y a des signes d'isolation brûlée, effectuez les vérifications suivantes :

- surcharge continue;
- harmoniques excessives;
- surchauffe due à la ventilation;
- légère surtension;
- commutation ou perturbation de la ligne;
- fils de sortie ou parafoudres brisés;
- bornes ou cavaliers de connexions endommagées;
- courts-circuits ou dégâts mécaniques;
- contamination (défaut de l'isolation).

Si les noyaux du transformateur montrent des signes de surchauffe et de décoloration, l'isolation toute proche pourra également apparaître décolorée. La température très élevée du noyau est due à :

- une tension d'alimentation très élevée;
- une fréquence plus basse ou la saturation du noyau par les harmoniques de la tension.

8) Ferrorésonance

Le phénomène de ferrorésonance peut entraîner d'importantes surtensions du transformateur. La ferrorésonance est causée à la fois par l'utilisation d'une variation de pôles unique avec primaires non mis à la terre et d'une seconde commutation des condensateurs.
La tension transitoire générée ainsi dépasse la capacité intrinsèque du transformateur de résister à la surtension. Les transformateurs sont conçus pour fonctionner avec un taux de surtension de 6 % en charge et un taux de sous-tension de 10 % à vide.
Pour réduire les risques et protéger le transformateur, l'utilisateur pourra envisager de le faire fonctionner à 60 kV TTC ou plus, et d'installer des parafoudres au point d'entrée du transformateur, sur toutes les phases. Cette mesure s'applique aux primaires ou secondaires de 60 kV TTC ou plus. La ferrorésonance peut causer des dégâts importants à l'équipement électrique, particulièrement aux transformateurs. Il est recommandé de prévoir une protection.

9) Courant d'excitation élevé

Peut être causé par :

- une tension d'alimentation très élevée;
- une fréquence faible;
- des courts-circuits;
- des lacunes dans le noyau à la suite de déplacements dus à l'expédition ou la manutention.

10) Tension transitoire de commutation oscillante
Occasionnellement, lorsqu'un transformateur est mis en fonction dans un système ou hors de celui-ci, une tension transitoire de rétablissement, composée pour une large part de tension à haute fréquence, est envoyée aux bornes du transformateur. Ce phénomène se produit le plus souvent lorsqu'un disjoncteur sous vide est utilisé et provient directement de la caractéristique de ce dispositif consistant à hacher le courant. Ce hachage et les reprises qui s'ensuivent créent aux bornes du transformateur une tension transitoire oscillante, à haute fréquence et à durée prolongée. S'il existe dans cette tension appliquée un élément de fréquence proche des fréquences naturelles du transformateur et d'une durée suffisante, la structure isolante est endommagée.
Lorsqu'un transformateur est équipé de disjoncteurs sous vide ou de disjoncteurs SF6, nous recommandons que l'ingénieur de système étudie la possibilité de tensions transitoires de commutation oscillantes et utilise des techniques d'atténuation pour éviter d'endommager l'isolation du transformateur.

11) Mise à la terre du noyau
Toutes les parties métalliques du transformateur qui ne sont pas sous tension doivent être mises à la terre, notamment le noyau. Le noyau des transformateurs comportant des boulons d'assemblage est isolé depuis les fixations et mis à la terre à un seul endroit. Il est nécessaire d'isoler le noyau de cette manière pour savoir si l'un des boulons d'assemblage peut présenter un problème d'isolation qui entraînerait une circulation élevée du courant ou un point chaud. Les boulons d'assemblage ne sont pas utilisés dans les transformateurs de puissance modernes. Il est donc inutile d'isoler le noyau. Aucune norme n'impose l'isolation des noyaux, y compris les normes UL, ANSI, CSA, IEEE et IEC. Si les résultats de l'essai d'isolation sont médiocres, ou s'il existe une faible résistance entre le noyau et le transformateur de puissance mis à la terre, il peut s'agir de ce qui suit :

- saleté, poussière ou humidité traversant l'isolation entre le noyau et son châssis;
- isolation déplacée au cours de l'expédition ou de la manipulation.

Il est important de noter qu'un résultat médiocre de l'essai d'isolation (indication de faibles niveaux d'isolation entre le noyau et la terre) n'est pas préoccupant, sauf en présence de boulons d'assemblage. Le noyau doit être mis à la terre en toutes circonstances.

12) Distorsion de l'enroulement
Les enroulements ayant subi un court-circuit montrent d'importants signes de distorsion par rapport à leur aspect normal circulaire ou symétrique.

13) Perte élevée au conducteur
L'échauffement du conducteur peut provenir de surcharges ou de cavaliers de connexions n'étant pas sur la même position de prise.

14) Déclenchement des disjoncteurs/fusibles
Le déclenchement des disjoncteurs ou des fusibles peut être provoqué par :

- une surcharge;
- des harmoniques de la tension ou du courant;
- un court-circuit;
- une défaillance de l'isolation entraînant un courant excessif;
- une tension trop élevée lors de la mise sous tension;
- un réglage trop faible pour permettre les courants élevés.

15) Échauffement excessif du câble
Les causes en sont :

- des connexions mal vissées ou serties;
- des connecteurs desserrés;
- des fils de sortie ou bornes desserrés;
- des câbles ou bornes de la mauvaise taille;
- une surcharge.

16) Humidité
Si le transformateur a été exposé à l'humidité, comme la condensation ou la pluie, ou entreposé dans un milieu très humide, il doit être séché avant d'être mis sous tension. (Consultez la section Séchage, page 7.)

Envoyez l'air chaud ou réchauffé, ou encore le chauffage rayonnant ou interne à travers les enroulements. Poursuivez

l’opération pendant 24 heures ou jusqu’à ce qu’il n’y ait plus aucune trace d’humidité ou de condensation.

Il peut être difficile de sécher correctement des transformateurs ayant été soumis à une inondation, de la pluie directe ou des sprinkleurs. Consultez le fabricant pour obtenir d’autres consignes.

Si l’une des situations ci-dessus se produit, le transformateur doit immédiatement être mis hors service. Des mesures correctives doivent être apportées en consultation avec les représentants du fabricant ou le personnel qualifié.

Après évaluation, le transformateur sera remis sous tension dès que la réparation aura été effectuée, ou il sera envoyé à l’usine pour être évalué plus en détail ou remis en état.

GUÍA DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

PARA TRANSFORMADORES TIPO SECO PARA INTERIOR/EXTERIOR QUE UTILICEN RECINTOS DE LAS SERIES NJ6, NJ7 O P.

*Nota: Esta guía es trilingüe
(Inglés, francés, español)*

N.º de folleto: **IOMGPOW**
Fecha de emisión: Enero 2011

Precauciones de seguridad

(1) No levante ni traslade un transformador sin equipo apropiado ni personal experimentado. Se incluyen puntos de levantamiento en el interior del gabinete sólo en el núcleo y bobina. Siempre utilice todos los puntos de levantamiento proporcionados por el fabricante. NO LEVANTE EL TRANSFORMADOR POR EL GABINETE.
Se recomienda rodar o deslizar los transformadores con base deslizante (pedida por adelantado).

(2) No instale el transformador hasta que se haya realizado una inspección completa.

(3) Utilice únicamente los terminales para conexiones eléctricas. Se recomienda utilizar conectores flexibles para las conexiones de las barras colectoras. Los terminales del transformador no están diseñados para soportar el peso del cable de suministro o de carga. Los soportes Uni-strut pueden ser instalados en el campo siempre y cuando se mantengan los espacios adecuados.

(4) Las conexiones solo deben realizarse siguiendo el diagrama de la placa de identificación o los diagramas de conexión.

(5) Asegúrese de que el suministro eléctrico esté completamente desconectado antes de intentar hacer reparaciones en el transformador o en el interior de la caja de control y conecte a tierra todos los bobinados.

(6) Asegúrese de que todas las conexiones a tierra, los terminales de línea y las derivaciones se hayan instalado correctamente y que estén bien apretadas antes de energizar el transformador.

(7) No intente cambiar una derivación, primaria o secundaria, mientras el transformador está energizado.

(8) No cambie las conexiones cuando el transformador esté energizado.

(9) No altere los paneles de control, las alarmas, los engranajes ni los circuitos de control.

(10) No ajuste ni retire accesorios ni cubiertas protectoras mientras el transformador esté energizado.

(11) Ningún cable de suministro debe entrar en contacto con el núcleo ni con ninguna pieza energizada excepto el terminal que le corresponde. Asegúrese de mantener los espacios mínimos. (Consulte la sección 10 de las pruebas de campo)

CONTENIDO

Alcance	36
Recibo e inspección	36
Procedimientos de elevación	37
Almacenamiento	39
Precauciones de instalación	39
Secado	40
Ubicación	41
Niveles de ruido	41
Conexión a tierra	42
Pruebas de campo	42
Mantenimiento	44
Limpieza	45
Servicio de campo	45

ALCANCE

Esta guía cubre las recomendaciones para la aplicación, instalación, operación y mantenimiento de transformadores sencillos y trifásicos tipo seco y de reactores de núcleo de hierro con o sin gabinete. Enfatizamos que estas instrucciones abreviadas deben ser usadas conjuntamente con todas las normas que rigen estas funciones y por consiguiente deben ser consultadas.

Estas prácticas recomendadas son para aplicaciones generales. Cualquier requerimiento especial debe ser consultado con el fabricante del transformador y/o su representante.

Además, se recomienda que la instalación sea realizada según la norma ANSI/IEEE C57.94. Estas son las prácticas recomendadas por la IEEE para la instalación, aplicación, operación y mantenimiento de transformadores tipo seco para uso general.

RECIBO E INSPECCIÓN

Antes de descargar cualquier equipo, se debe inspeccionar los transformadores para comprobar que la información de envío sea correcta. Confirme que el número de identificación que se encuentra en la placa de información del transformador concuerde con la lista de empaque y con el conocimiento de embarque.

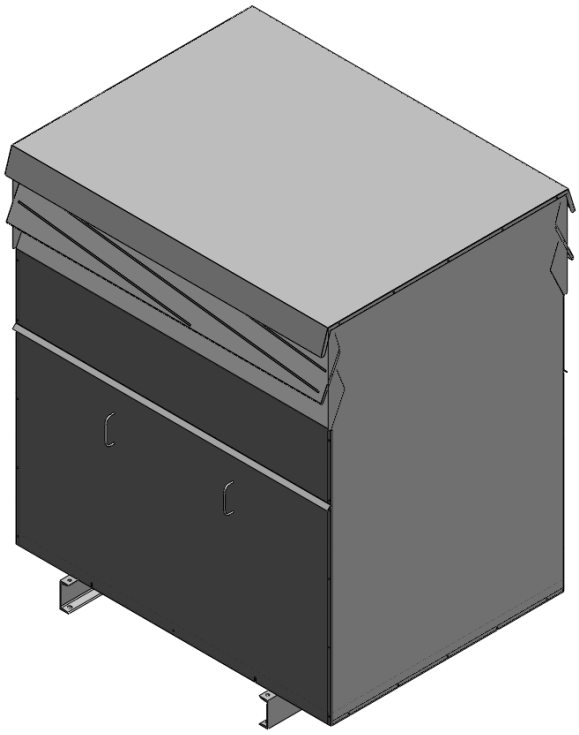
Inspeccione inmediatamente los transformadores apenas los reciba y tome nota de cualquier evidencia de daños o de maltrato que puedan haber sido causados durante el envío.

La inspección debe ser realizada antes de retirar los transformadores de los vehículos de transporte. Durante la inspección, busque evidencia de la presencia de agua o de cualquier otro contaminante que pudiera haber entrado en el transformador durante el transporte.

De encontrar tal evidencia, deberá formalizar inmediatamente un reclamo con la compañía de transporte y notificar al fabricante.

Los transformadores tipo seco con ventilación se envían completamente ensamblados en un gabinete de metal o como conjunto de núcleo y bobina con o sin gabinete. Todas las piezas y componentes están envueltos en plástico transparente y cubiertos con una lona de transporte. Un paquete separado (también incluido en el envío) contiene ilustraciones que, de requerirlo, detallan el ensamblaje del transformador.

Una vez que haya recibido la unidad, retire las cubiertas o paneles y proceda con la inspección interna en busca de cualquier evidencia de piezas dañadas o movidas, conexiones flojas o interrumpidas, tableros de terminales dañados, sucio o materias extrañas, y la presencia de cualquier cantidad de agua o humedad. Si observa cualquier daño, póngase en contacto inmediatamente con el fabricante del transformador y/o con su representante.



GABINETE TIPO NJ

PROCEDIMIENTOS DE ELEVACIÓN

Se proporcionan puntos de levantamiento en todos los transformadores tipo seco. Los puntos de levantamiento pueden ser 2 o 4 armellas de anclaje de 5/8" (16 mm) o 3/4" (19 mm) o un par de ángulos de elevación (vea la Fig. 1) dependiendo del peso total del transformador. Las armellas utilizadas son para las unidades de menos de 15.000 lbs (6.804 kg) de peso. Los ángulos de elevación son para unidades de 15.000 lbs (6.804 kg) de peso o más. Se recomienda utilizar una eslinga para los ángulos de elevación.

Procedimiento

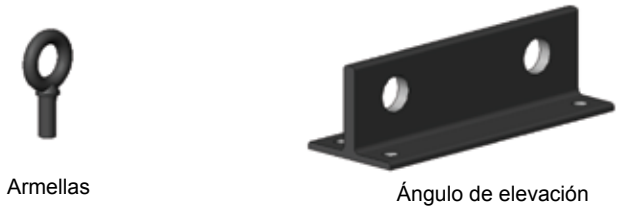


FIGURA 1

Antes de levantar una unidad, lea y comprenda las siguientes instrucciones.

(1) Retire el techo del gabinete tipo NJ (vea la Fig. 2) o levante la cubierta del techo del recinto eléctrico (vea la Fig. 3).

(2) Inspeccione las armellas o los ángulos de levantamiento y asegúrese de que estén debidamente asentados y bien apretados.

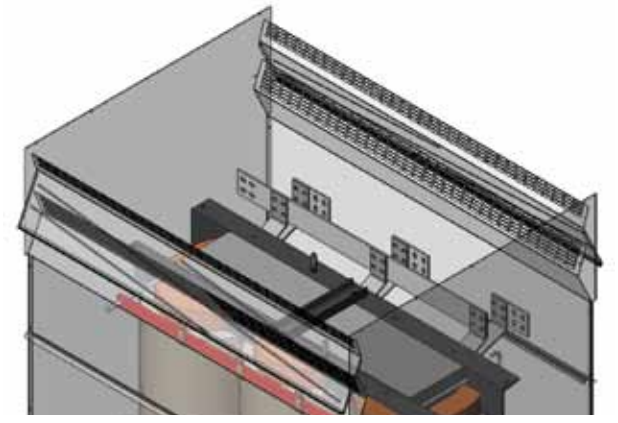


FIGURA 2

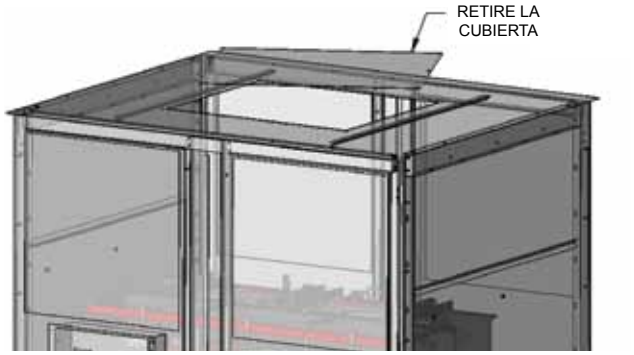


FIGURA 3

(3) Verifique la capacidad de levantamiento de las cadenas o eslingas, de la grúa o de cualquier otro método que vaya a utilizar (consulte el peso del transformador en la placa de información).

(4) Mida la distancia entre las armellas o los ángulos de levantamiento (vea las figuras 4 y 5).

(5) Asegúrese de que el ángulo de la eslinga sea menos de 10 grados (vea la figura 6 y la tabla 1).

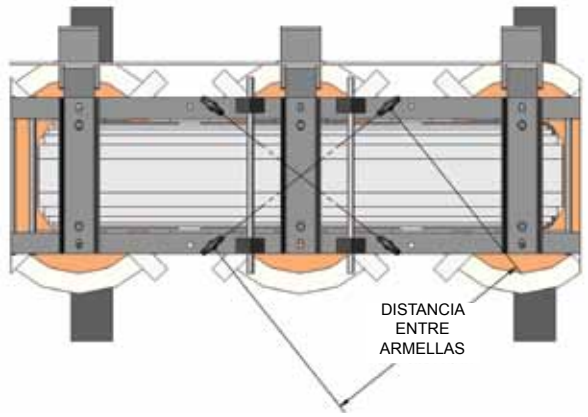


FIGURA 4

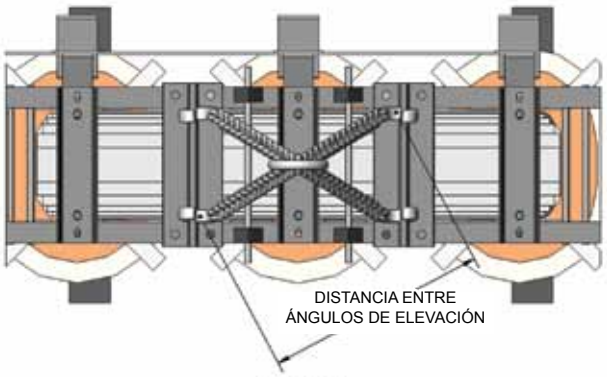


FIGURA 5

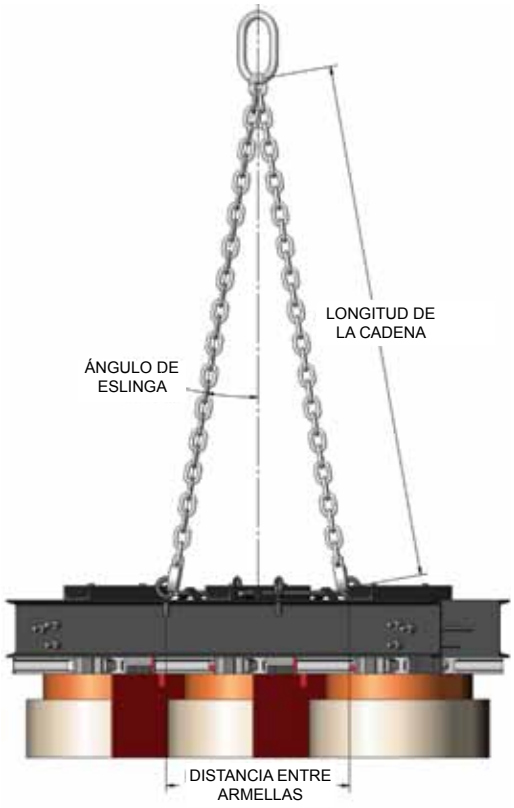


FIGURA 6

TABLA 1

*Agujero de la armella	Longitud de la cadena (pies)							
Centro	3’	4’	5’	6’	7’	8’	9’	10
10”	8°	6°	5°	4°	3°	3°	3°	2°
12”	10°	7°	6°	5°	4°	4°	3°	3°
14”	-	8°	7°	6°	5°	4°	4°	3°
16”	-	10°	8°	6°	5°	5°	4°	4°
18”	-	-	9°	7°	6°	5°	5°	4°
20”	-	-	10°	8°	7°	6°	5°	5°
22”	-	-	-	9°	8°	7°	6°	5°
24”	-	-	-	10°	9°	8°	6°	6°
26”	-	-	-	10°	9°	8°	7°	6°
28”	-	-	-	-	10°	8°	7°	7°
30”	-	-	-	-	10°	9°	8°	7°
32”	-	-	-	-	-	10°	9°	8°
34”	-	-	-	-	-	10°	9°	8°
36”	-	-	-	-	-	-	10°	9°

*Nota: distancia entre los agujeros de las armellas del marco delantero y trasero

(6) La dirección del punto de carga (línea de eslinga) debe estar alineada con el plano de las armellas.

Cuando levante un transformador con eslinga de 4 patas, alinee las cuatro armellas al centro de la unidad (vea la Fig. 5). Cuando levante una unidad con una eslinga de 2 patas, asegúrese de que las armellas estén en esquinas opuestas de la unidad y alineadas con el centro de la misma (vea la Fig. 7).

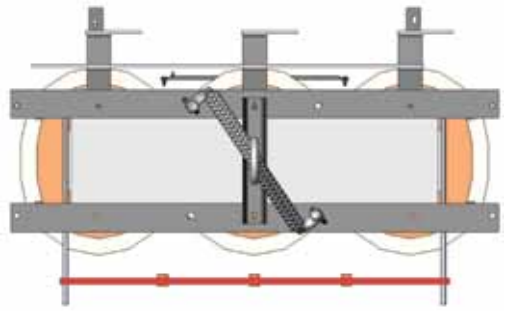


FIGURA 7

(7) Siempre utilice todas las armellas o agujeros de levantamiento en ángulos durante el levantamiento para evitar sobrecargar los pernos y la torsión de los marcos.

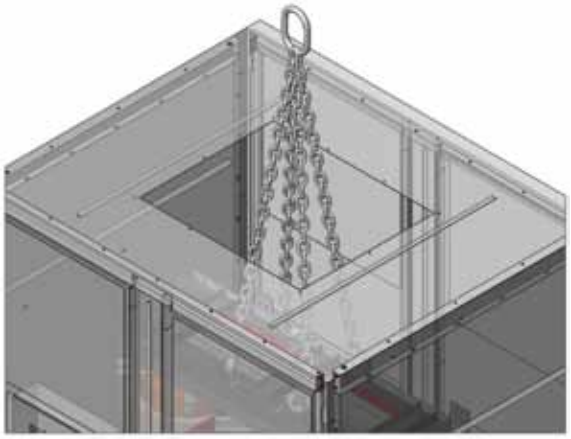


FIGURA 8

(8) Levante el transformador eléctrico por el núcleo y bobina sólo a través de la abertura en el techo del gabinete (vea la Fig. 8).

No levante el transformador por el gabinete.

No levante el transformador eléctrico con ganchos de envío.

No levante el transformador por debajo del gabinete.

No lo levante bruscamente para evitar tensión mecánica.

No empuje, arrastre o tire del transformador directamente sobre el piso a menos que tenga una base deslizante.

ALMACENAMIENTO

Las unidades deben ser almacenadas a temperaturas cálidas y en lugares secos y libres de polvo y otros contaminantes ambientales. La humedad relativa a la que están expuestos los materiales de aislamiento eléctrico debe mantenerse lo más baja posible. Es preferible almacenarlo en un lugar seco y cálido para evitar problemas de humedad, pero puede ser almacenado a temperaturas de hasta 40°C (104°F). El transformador puede ser energizado con la temperatura de la bobina a un mínimo de -25°C (-13°F) pero se recomienda no aplicar carga hasta que las bobinas alcancen una temperatura de 0°C (32°F). La fluctuación de las temperaturas puede causar problemas de condensación, los cuales podrían requerir la realización de un procedimiento de secado. El piso sobre el cual se almacene el transformador debe ser impermeable al ascenso de vapor de agua. Proteja el equipo del agua de cualquier origen (goteos del techo, tuberías de vapor o de agua rotas, ventanas, etc.). No se recomienda almacenar unidades de tipo seco al aire libre. Si no se puede evitar, proteja bien la unidad de la nieve, la lluvia y otros elementos. La protección debe incluir una envoltura inicial de lona de primera calidad y una cubierta exterior final de lona de plástico. También se recomienda incluir un desecador como el sistema de secado de gel de silicona para reducir la humedad en el interior del gabinete. Si se almacena la unidad al aire libre, se recomienda secarla como se describe en la página siguiente.

PRECAUCIONES DE INSTALACIÓN

(1) Se recomienda usar almohadillas o cualquier otro dispositivo de aislamiento de vibraciones durante la instalación del transformador tipo seco. Algunos transformadores de tipo seco pueden tener almohadillas u otros dispositivos para aislar las vibraciones. La mayoría del tiempo, las almohadillas contra vibraciones vienen incluidas con los transformadores de tipo seco y deben ser instaladas en el sitio. Cuando instale las almohadillas contra vibraciones debajo de la viga base del transformador, asegúrese de levantar el transformador sólo por el núcleo y bobina. Si el gabinete incluye y está fijado al núcleo y bobina a través de ángulos de envío, asegúrese de que los ganchos de transporte y los ángulos de envío sean retirados en todas las ubicaciones (vea las figuras 9 y 10) y luego levante el transformador (sólo por el núcleo y bobina) para instalar las almohadillas contra vibración (o cualquier otro dispositivo de aislamiento de vibraciones según lo requiera el diseño).

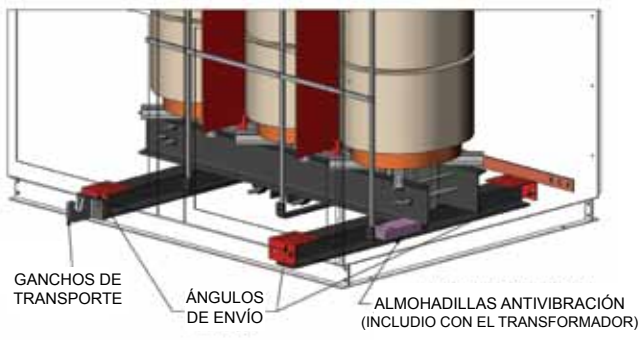


FIGURA 9

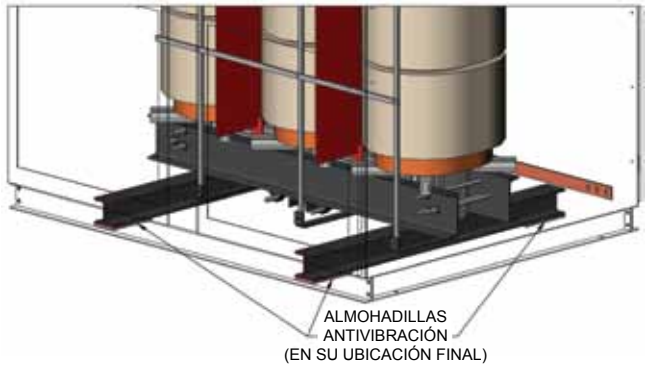


FIGURA 10

(2) El tipo de cable, su tamaño y su ubicación de entrada deben cumplir con el código local de electricidad.

(3) Ni los terminales ni el tablero de terminales deben ser utilizados para soportar el peso de la fuente eléctrica o de los cables.

(4) Mantenga el despeje adecuado entre los cables de suministro y las piezas energizadas del transformador según los voltajes del sistema. (Consulte la sección 10 de las pruebas de campo)

(5) Se recomienda el uso de conectores flexibles para las conexiones colectoras.

(6) Se recomienda que los cables de suministro entren a través de la parte inferior y/ lateral y que no bloqueen las aberturas de ventilación.

(7) Si debe taladrar, asegúrese de que el conjunto de núcleo y bobina esté protegido con una cubierta (por ejemplo, una lona) para que nada caiga sobre la bobina o en su interior durante o después del taladrado ni después de remover la cubierta.

SECADO

Si un transformador se ha expuesto a la humedad (por ejemplo, por condensación o lluvia) o se ha almacenado en un ambiente altamente húmedo, se debe secar la unidad antes de la energización. En primer lugar, retire el transformador de servicio. Haga pruebas de megóhmetro a intervalos para indicar que está ocurriendo un cambio en el contenido de humedad del aislamiento. Luego proceda con cualquiera de los siguientes métodos de secado:

(1) La humedad suelta debe ser soplada o limpiada de cualquier superficie del transformador para reducir el tiempo de secado.

(2) Dirija aire forzado externo caliente o calentado o calor radiante a través de los bobinados con todas las aberturas de ventilación despejadas. La temperatura recomendada no debe exceder los 105°C (221°F). Siga con este procedimiento durante por lo menos 24 horas o hasta que todos los rastros de humedad o condensación hayan desaparecido.

(3) Los calentadores eléctricos pueden ser instalados en el interior del recinto, especialmente en las unidades instaladas al aire libre. Estos calentadores deben ser ubicados debajo de los bobinados a ambos lados del núcleo. Si utiliza calentadores, asegúrese de permitir la circulación del aire a través del gabinete. Puede instalar temporalmente filtros de fibra de vidrio para hornos de calefacción sobre las aberturas de admisión y escape de aire para minimizar la acumulación de polvo en el interior del gabinete. Estos filtros deben ser desinstalados antes de poner en servicio el transformador. La temperatura recomendada no debe exceder los 105°C (221°F).

(4) Para secar la unidad usando calefacción interna a través del método del terminal en corto, póngase en contacto con el fabricante del transformador para obtener instrucciones específicas. Los principios en los que se basa este método requieren que se realice un corto en el circuito de baja tensión y se aplique corriente al circuito de alta tensión a un máximo de un 100% de la corriente nominal indicada en la placa de información. La temperatura del embobinado no debe exceder los 105°C (221°F); consulte la sección 4 de las pruebas de campo.

Queremos enfatizar que esta operación sólo debe ser realizada por personal específicamente calificado para tal fin.

Es posible que los transformadores que han sido expuestos a inundaciones, lluvia directa o rociadores no puedan secarse adecuadamente. Consulte al fabricante para obtener instrucciones adicionales.

UBICACIÓN

Los transformadores ventilados tipo seco generalmente están diseñados para ser instalados bajo techo en ubicaciones secas. Estos transformadores funcionarán correctamente en ambientes de humedad alta. Sin embargo, bajo estas condiciones es necesario tomar precauciones para mantenerlos secos si se desenergizan por un largo tiempo. Consulte las instrucciones de secado. Las unidades tipo seco a las que se refiere esta pauta están diseñadas para ser operadas a altitudes menores de 1.000 m (3.300 pies) a menos que el transformador haya sido diseñado específicamente para grandes alturas.

Consideraciones ambientales:

Los transformadores ventilados tipo seco no deben ser ubicados en ambientes con contaminantes tales como polvo, fertilizante, humedad excesiva, productos químicos, gases corrosivos, aceite o gases químicos. Evite las ubicaciones donde haya goteos de agua. Si no es posible evitar estos lugares, se debe proteger adecuadamente el transformador para evitar que entre agua en el gabinete.

El transformador tipo seco no debe ser instalado en áreas accesibles al público a menos que haya sido diseñado específicamente para tal fin.

Los transformadores tipo seco pueden ser ubicados al aire libre, pero deben estar diseñados específicamente con protección ambiental para exteriores. En estos casos, se requiere el uso de gabinetes resistentes a la intemperie y que no puedan ser accedidos o modificados. Evite lugares donde fluya agua, nieve, polvo y partículas de arena. Consulte al fabricante del transformador para obtener información adicional.

El transformador con base abierta no debe ser instalado sobre superficies combustibles o por encima de ellas.

Ventilación:

Los transformadores deben estar ubicados por lo menos a 2 pies de distancia de paredes, obstrucciones, transformadores adyacentes o cualquier otra superficie reflectora en el costado de ventilación a menos que se indique lo contrario. Si hay otra fuente de calor, la distancia debe ser mayor.

Las corrientes de aire dirigido en la habitación cerca del transformador pueden afectar el flujo natural del aire necesario para el enfriamiento del embobinado.

Se requiere ventilación adecuada para el enfriamiento correcto de los transformadores. Es preferible la presencia de aire limpio y seco. Si la ubicación tiene contaminantes aéreos en exceso, es posible que deba utilizar filtros opcionales. Si se instalan los transformadores en bóvedas o en otras ubicaciones con flujo de aire restringido, proporcione ventilación suficiente para mantener las temperaturas del aire a niveles adecuados. Los límites de temperatura se especifican en las normas CSA o ANSI y se miden cerca de las aberturas de ventilación del transformador. El área requerida para las aberturas de ventilación depende de la altura de la bóveda o sala eléctrica y la ubicación de las aberturas de ventilación del transformador. Para los transformadores autoenfriantes, el área efectiva de ventilación debe ser por lo menos un pie cuadrado para cada admisión y escape por cada 100kVA de capacidad nominal del transformador después de deducir el área ocupada por mallas, rejillas o persianas.

Esto es necesario para proporcionar suficiente circulación libre de aire alrededor y a través de cada unidad. Esto también facilita el acceso al transformador para su mantenimiento.

Si se va a ubicar el transformador cerca de materiales combustibles, mantenga la distancia mínima establecida por el código local de electricidad.

NIVELES DE RUIDO

El ruido producido por los transformadores se debe a la energización del núcleo por el voltaje alternado al embobinado. Esto crea vibraciones cuya frecuencia fundamental es el doble de la frecuencia de la tensión aplicada. Las vibraciones que producen ruido pueden ocurrir en el núcleo, el soporte de instalación y el alojamiento. La transmisión de ruido del transformador puede ocurrir a través de distintos medios como el aire, metal, concreto, madera o cualquier combinación de ellos. La amplificación del ruido puede ocurrir en un área específica debido a la presencia de superficies reflexivas u otras superficies de instalación.

El nivel de ruido de los transformadores puede variar entre 60 dBA para las unidades de 500 kVA y 76 dBA para las unidades de 10.000 kVA, y más.

Estos niveles de ruido se determinan según las normas CSA y ANSI y se basan en lo siguiente:

- **Los niveles de ruido especificados son para condiciones sin carga a niveles de voltaje y frecuencia nominales**
- **Las unidades se prueban en situaciones de entornos ruidosos**
- **Las paredes o superficies reflectoras están por lo menos a 10 pies de todos los costados del transformador.**

Por lo tanto, tenga en cuenta que la operación de transformadores con carga presentarán niveles de ruido superiores a los mencionados en las normas. Además, los transformadores se instalan frecuentemente en salas eléctricas generalmente confinadas, lo cual tendrá el efecto de un aparente aumento en el nivel de ruido. Los transformadores presentarán niveles de ruido más altos si se instalan sobre pisos suspendidos que pueden resonar. Se considera ideal instalar los transformadores en la planta baja o a nivel del sótano para evitar los pisos suspendidos y alejados de espacios de oficina o residenciales. También se recomienda usar amortiguadores de vibración o aislantes de resorte para reducir los niveles de ruido.

Se pueden instalar conectores flexibles entre las barras colectoras y otros equipos para evitar la transferencia de vibración. Asegúrese de que todos los pernos de fijación estén bien apretados y que el alojamiento del transformador esté firmemente ensamblado y separado del transformador mismo.

Los transformadores que se instalen cerca los unos de los otros pueden presentar una frecuencia de resonancia entre ellos, lo que causa niveles de ruidos superiores a los normales.

Si el nivel de ruido es un problema en la ubicación de cualquier transformador, se debe prestar atención especial al lugar donde se instale y al equipo de reducción de ruido que se utilice. Para estos casos, se puede considerar interrumpir el medio de transmisión de ruido con la instalación de espuma o fibra de vidrio aislante de ruido en el techo o las paredes.

CONEXIÓN A TIERRA

Todas las piezas de metal que no transmitan corriente en el transformador deben ser conectadas a tierra. Esto incluye el núcleo y el gabinete. La fabricación estándar establece la conexión a tierra del núcleo a través del contacto directo con la estructura de sujeción. Los núcleos con pernos metálicos que los atraviesan están aislados de los sujetadores del núcleo y conectados a tierra en un solo punto. El aislamiento del núcleo de esta manera es necesario (sólo en estos transformadores) para determinar si existe una falla de aislamiento en cualquiera de los pernos pasantes que pueda causar una corriente circulante alta o un punto de concentración. Ninguna norma requiere el aislamiento de los núcleos (inclusive las normas IEC, IEEE, UL, ANSI y CSA).

PRUEBAS DE CAMPO

Se recomienda que se realicen algunas inspecciones y pruebas de campo por separado antes de poner en servicio un transformador para determinar si está en condiciones satisfactorias de funcionamiento y para obtener datos para comparaciones futuras. Se recomienda realizar como mínimo las pruebas y procedimientos especificados en las normas ANSI/IEEE.

Donde se realicen pruebas de aceptación de tensión inducida, tensión aplicada de baja frecuencia, resistencia del aislamiento o medición de megóhmetro, los voltajes de prueba no deberán exceder el 75% de los valores de prueba de fábrica.

Cuando se realicen pruebas de campo con frecuencia, se recomienda limitar los voltajes de prueba a un 65% de los valores de prueba de fábrica. Desconecte los supresores de picos si vienen provistos. Enfatizamos que cualquier prueba que se realice debe ser llevada a cabo por personal competente o calificado de acuerdo con las leyes y normas de seguridad establecidas, en especial las normas NFPA 70E o CSA Z462.

1) Si el transformador ha estado apagado por un tiempo, primero debe ser inspeccionado visualmente en busca de evidencia de condensación, humedad o polvo y luego ser secado como se describió anteriormente.

(2) Los ventiladores, motores, relés y otras piezas deben ser inspeccionadas para asegurarse de que funcionan correctamente. Los accesorios como los pararrayos deben ser instalados según la ilustración de ensamblaje provista.

3) Verifique la selección de derivaciones según la placa de información y mida las conexiones: todas las derivaciones deben estar en posición idéntica en cada bobina (tenga en cuenta que puede haber más de un conjunto de derivaciones en la bobina). Las derivaciones sólo pueden ser cambiadas cuando se desenergice la unidad.

(4) Algunas unidades incluyen equipo de temperatura de embobinado. Estas unidades también incluyen un manual de instrucciones con ilustraciones. Estos dispositivos consisten de un indicador de temperatura y de una bombilla de sensor térmico. Asegúrese de que todas las piezas hayan sido ensambladas e instaladas correctamente. Si no se instala esta bombilla de sensor en la cubierta aislada correcta, el transformador podría sufrir daños graves. Mantenga el despeje eléctrico si va a instalar sondas de medición desde el monitor de temperatura o le tablero de terminales. Para los embobinados de más de 30kV BIL, no coloque la sonda en el núcleo a menos que se le de la instrucción específica.

Termopozo tipo varilla

Termopozo tipo tubo

(5) Verifique que todas las conexiones, incluyendo las derivaciones, conexiones de fase y conexiones a tierra, estén apretadas y limpias.

TORSIÓN (TORQUE) RECOMENDADO PARA LOS TORNILLOS PARA LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS

TAMAÑO DEL TORNILLOS	ACERO AL CARBONO GRADO 5 pies-lb [Nm] ±5%	LATÓN GRADO 5 pies-lb [Nm] ±5%	ACERO INOXIDABLE B8 O B8M pies-lb [Nm] ±5%
1/4-20 UNC	8 [10,8]	5 [6,8]	5 [6,8]
3/8-16 UNC	30 [40,7]	15 [2,3]	20 [27,1]
1/2-13 UNC	75 [102]	35 [47,4]	50 [67,8]

(6) A cada unidad se le debe realizar una prueba de resistencia de aislamiento. Esta prueba determina la integridad del aislamiento. La prueba de resistencia de aislamiento es importante para comparaciones futuras y para determinar la aptitud del transformador para una prueba de alta tensión. Esta prueba debe ser realizada antes de la prueba de alta tensión.

Los factores variables que afectan la fabricación y el uso de los transformadores tipo seco dificulta establecer los límites de la resistencia de aislamiento. La experiencia práctica hasta la fecha indica que 2 megohmios (lectura de un minuto a aproximadamente 25°C) por cada 1.000 voltios de tensión nominal indicada en la placa de información, y en ningún caso menos de 2 megohmios en total, pueden ser suficientes como valor de resistencia de aislamiento. Prueba de resistencia de aislamiento por megóhmetro (500 V o 1000 V CC).

Las pruebas deben ser realizadas entre:

Baja tensión a Alta tensión + Tierra

Alta tensión a Baja tensión + Tierra

Núcleo a tierra (si el núcleo está aislado)

Nota: Si el núcleo del transformador está aislado, la cinta del núcleo entre el núcleo y el sujetador superior del núcleo debe ser desconectada antes de realizar la medición de la conexión del núcleo a tierra.

(7) Polaridad o relación de fase.

(8) Mediciones de resistencia de bobinados.

(9) Prueba de bobinado completo y para todas las posiciones de derivación.

(10) Asegúrese de mantener los despejes mínimos para todas las piezas conductoras de electricidad, incluyendo los embobinados, las conexiones internas de los cables, los NGR, los CT, el transformador auxiliar y las barras colectoras.

Puede utilizar la siguiente tabla como guía para conocer las distancias mínimas para altitudes menores de 1.000 m (3.300 pies). Para alturas superiores a los 1.000 m (3.300 pies), consulte con el fabricante.

Transformador Tipo de tensión	Distancia mínima (mm)	Distancia mínima (pulg.)
1,2 KV	25	1
2,5 KV	50	2
5,0 KV	100	4
8,7 KV	130	5,3
15 KV	200	8
18 KV	250	10
25 KV	300	12
34,5 KV	400	16

Nota: "Algunos componentes del transformador pueden requerir distancias diferentes a indicadas indicados arriba. Para tales excepciones, siga las instrucciones proporcionadas en las ilustraciones de ensamblaje proporcionadas o el procedimiento de instalación."

MANTENIMIENTO

PRECAUCIÓN

Se debe desenergizar el transformador antes de realizar cualquier mantenimiento. También se recomienda poner a tierra todos los terminales.

SI NO DESENERGIZA EL TRANSFORMADOR ANTES DE ABRIR EL RECINTO PODRÍA RESULTAR EN LESIONES PERSONALES GRAVES O LA MUERTE

Inspección y mantenimiento periódicos:

Generalmente no se necesita mucho mantenimiento para los transformadores tipo seco. Sin embargo, se requiere la inspección y el cuidado periódicos para asegurar que los transformadores funcionen correctamente a largo plazo. La frecuencia de la inspección dependerá de las condiciones en las que se instale el transformador.

En ubicaciones secas y limpias, una inspección al año es suficiente en términos generales. Para otras ubicaciones donde el aire esté contaminado con polvo o gases químicos, es posible que se requieran inspecciones cada tres o seis meses.

Con el transformador desenergizado, retire todos los paneles de acceso del gabinete y conecte los terminales a tierra. Inspeccione la unidad en busca de polvo, especialmente en las superficies aislantes o cualquier superficie que tienda a restringir la circulación del aire. Los aislantes, terminales y tableros de terminales deben ser inspeccionados en busca de descargas (marcas), daños, grietas o quemaduras. También se debe inspeccionar que el equipo y las conexiones estén firmes. Es necesario limpiar estas piezas para evitar contorneamiento debido a la acumulación de contaminantes.

Busque evidencia de oxidación, corrosión y deterioro de la pintura y tome las medidas necesarias para corregir la situación. Los ventiladores, motores y otros dispositivos auxiliares también deben ser inspeccionados y reparados.

LIMPIEZA

Si observa acumulación excesiva de polvo en el embobinado o aislantes del transformador, tal suciedad debe ser limpiada para permitir la circulación adecuada del aire. Se debe prestar atención especial a la limpieza de los extremos superior e inferior de los conjuntos de bobinado y a la limpieza de los conductos de ventilación.

Puede limpiar el embobinado con una aspiradora, un ventilador o con aire comprimido. Se recomienda usar una aspiradora primero y luego usar aire comprimido. El aire comprimido debe estar limpio y seco y ser aplicado a presión relativamente baja (menos de 25 psi). Use un cepillo o paño seco para limpiar los cables, el soporte de la bobina, los soportes de los cables, los tableros de terminales, los forros y otras superficies aislantes principales. No se recomienda el uso de limpiadores líquidos ya que los solventes podrían tener efectos adversos sobre los materiales aislantes.

SERVICIO DE CAMPO

Las siguientes instrucciones se proporcionan a modo de guía de localización y solución de averías para ayudar a determinar las medidas a tomar para reparar los transformadores eléctricos en servicio. Enfatizamos que los transformadores instalados sólo deben ser inspeccionados por personal calificado. Se debe desenergizar el transformador antes de realizar cualquier trabajo en él. También se recomienda poner a tierra todos los terminales.

(1) Sobretensión

Los transformadores con carga completa pueden parecer calientes al tacto. Las normas permiten que la cubierta del gabinete del transformador llegue a los 65°C (149°F) [80°C (176°F) en lugares poco accesibles] por encima de la temperatura ambiente, lo que significa que si la temperatura ambiente es de 40°C (104°F), la temperatura de la cubierta puede llegar a una temperatura continua máxima de 105°C (212°F) [120°C (248°F) en lugares poco accesibles]. En estas condiciones, la temperatura del termómetro podría estar al máximo de 220°C (428°F).

Cuando las temperaturas exceden este límite, el transformador se sobrecalienta y podrían ocurrir daños. Verifique las siguientes condiciones:

- sobrecarga continua por largos períodos de tiempo
- conexiones externas erradas
- corriente o tensión de entrada excesiva
- armónicos de corriente o tensión
- poca ventilación en la habitación o calor proveniente de otras fuentes
- temperaturas ambiente altas [las normas permiten un promedio de 30°C (86°F) y un máximo de 40°C (104°F)]
- conductos o aberturas de ventilación tapados
- acumulación de polvo y suciedad que restringe la circulación del aire.

(2) Ruido y vibración

El nivel de ruido de los transformadores puede variar entre 60 dB(A) para las unidades de 500 kVA y 76 dB(A) para las unidades de 10000 kVA. Estos niveles de ruido se determinan según las normas nacionales y se basan en lo siguiente:

- os valores se basan en condiciones sin carga
- as pruebas son realizadas en situaciones de ruido ambiental bajo
- las paredes o superficies reflectoras están por lo menos a 10 pies (3 m) de todos los costados del transformador.

Los transformadores se instalan frecuentemente en salas eléctricas más confinadas, y, además, cuando están conectados al suministro eléctrico, emiten niveles de ruido más altos de lo normal. El exceso de ruido puede ser causado por:

- alta tensión de entrada
- frecuencia alta
- cargas desbalanceadas
- corriente de carga excesiva
- armónicos de corriente y tensión provenientes de cargas no lineales
- sujetadores de núcleo sueltos
- piezas o alojamientos sueltos por el envío o transporte
- no se retiraron las placas de envío
- no se instalaron las almohadillas contra vibraciones
- ubicación del transformador.

Los transformadores presentarán niveles de ruido más altos si se instalan sobre pisos suspendidos que pueden resonar. Se considera ideal instalar los transformadores en la planta baja o a nivel del sótano para evitar los pisos suspendidos. También se recomienda usar amortiguadores de vibración o aislantes de resorte para reducir los niveles de ruido. Además, se pueden instalar **conectores flexibles** entre las barras colectoras y otros equipos para evitar la transferencia de vibración.

Los transformadores que se instalen cerca los unos de los otros pueden presentar una frecuencia de resonancia entre ellos, lo que causa niveles de ruidos superiores a los normales.

(3) Tensión reducida o nula

Las posibles causas son conexiones flojas de terminales o tableros, cables dañados o cortocircuitos de las marchas. También, la tensión de salida reducida puede ser causada por una posición de derivación seleccionada de manera incorrecta.

(4) Tensión secundaria excesiva

Puede ser causada por tensión de entrada más alta o una posición de derivación incorrecta.

(5) Humo proveniente del transformador

El exceso de barniz, el barniz no curado o el material de encapsulado que se quemen con el encendido pueden producir humo. Esto generalmente no es causa de preocupación o de riesgos a largo plazo para el transformador.

La presencia de humo o vapor durante el encendido inicial es común y es causado por el uso de aceites y lubricantes durante el proceso de fabricación. Este humo se considera irritante y debe ser ventilado temporalmente. No representa un riesgo a la salud a largo plazo.

(6) Pérdida alta en el núcleo

Las causas son baja frecuencia y/o alta tensión de entrada.

- espacio en el núcleo

(7) Aislamiento quemado o falla del aislamiento

Con evidencia de aislamiento quemado, verifique lo siguiente:

- condición de sobrecarga continua
- armónicos excesivos
- sobrecalentamiento causado por la ventilación
- picos causados por rayos
- perturbación de la línea o de conmutación
- pararrayos o cables dañados
- tableros o terminales dañados
- cortocircuito de las marchas o daños mecánicos
- contaminación (falla de aislamiento).

Si el núcleo del transformador muestra evidencia de sobrecalentamiento y decoloración, el aislamiento cercano al núcleo también parecerá descolorido. Las temperaturas excesivamente altas en el núcleo son causadas por:

- alta tensión de entrada
- frecuencia baja o saturación del núcleo por armónicos de tensión.

(8) Ferrorresonancia

La sobretensión severa puede ocurrir en los transformadores por el fenómeno de la ferrorresonancia. La ferrorresonancia es causada por el uso en conjunto de conmutación monopolar con primarios sin conexión a tierra y el recebado de la conmutación de condensadores. Los voltajes oscilantes generados exceden en gran medida la capacidad inherente del transformador de soportar la sobretensión. Los transformadores están diseñados para operar a 6% de sobretensión al nivel de carga nominal y a 10% de subtensión.

Para reducir riesgos y ayudar a proteger el transformador, tenga en cuenta que los transformadores que operan a 60 kV BIL o más tienen pararrayos de óxido metálico instalados en el punto de entrada al transformador en todas las fases. Esto aplica a los bobinados primarios o secundarios si alguno de ellos funciona nominalmente a 60 kV BIL. La ferrorresonancia puede causar daños severos a los equipos eléctricos, especialmente los transformadores, y se recomienda protegerlos.

(9) Corriente magnetizante alta

Puede ser causada por:

- alta tensión de entrada
- frecuencia baja
- cortocircuito en las vueltas
- espacio en el núcleo debido al desplazamiento ocasionado durante el envío.

(10) Tensión transitoria oscilante de conmutación

Ocasionalmente, cuando se introduce o retira un transformador del sistema, una tensión transitoria de recuperación con un componente grande de tensión de frecuencia alta afectará a los terminales del transformador. Esto ocurre con mayor frecuencia cuando se utiliza un disyuntor de vacío, y es resultado directo de la capacidad de tal disyuntor de cortar la corriente. Estos cortes de corriente y sus reencendidos correspondientes producen una tensión transitoria oscilante de alta tensión y larga duración en los terminales del transformador. Cuando esta tensión aplicada tiene un componente de frecuencia cercana a una de las frecuencias naturales del transformador y tiene la duración suficiente, la estructura del aislamiento del transformador sufrirá daños internos.

Cuando se usa un transformador con disyuntores de vacío o SF6, recomendamos que el ingeniero del sistema revise las posibilidades de tensión transitoria oscilante de conmutación y que utilice métodos mitigantes adecuados para evitar daños al aislamiento del transformador.

(11) Puesta a tierra del núcleo

Todas las piezas de metal que no transmitan corriente en el transformador deben ser conectadas a tierra. Esto incluye el núcleo. Los núcleos de transformador con tornillos que los atraviesan deben ser aislados de los sujetadores del núcleo y ser puestos a tierra en un solo punto. El aislamiento del núcleo de esta manera es necesario para determinar si existe una falla de aislamiento en cualquiera de los tornillos pasantes que pueda causar una corriente circulante alta o un punto de concentración. Los tornillos pasantes no se usan en la fabricación de transformadores eléctricos modernos, en cuyo caso el aislamiento del núcleo no es necesario. Ninguna norma requiere el aislamiento de los núcleos (inclusive las normas IEC, IEEE, UL, ANSI y CSA). Si la lectura del megóhmetro es baja, o hay una resistencia baja entre el núcleo y la conexión a tierra del transformador eléctrico, las causas pueden incluir:

- polvo, suciedad o humedad que hacen puente a través del aislamiento entre el núcleo y el marco del núcleo
- aislamiento desplazado durante el envío o transporte.

Enfatizamos que las lecturas bajas del megóhmetro (indicativas de niveles bajos de aislamiento entre el núcleo y tierra) no son causa de preocupación a menos que sean tornillos pasantes. El núcleo está diseñado para estar conectado a tierra de cualquier manera.

(12) Distorsión de la bobina
Las bobinas con cortocircuito muestran distorsión severa comparada con su apariencia normal redonda o simétrica.

(13) Pérdida alta de conductor
La sobrecarga o los tableros de terminales que no estén en posiciones de derivación idénticas pueden causar el sobrecalentamiento del conductor.

(14) Disyuntores o fusibles abiertos
Las causas de que los disyuntores y fusibles estén abiertos pueden ser:

- condiciones de sobrecarga
- armónicos de corriente o tensión
- cortocircuito
- falla de aislamiento que cause corriente excesiva
- tensión demasiado alta cuando se energiza
- ajuste demasiado bajo como para permitir la entrada de corriente.

(15) Sobrecalentamiento de los cables
Las causas incluyen:

- conexiones fijadas incorrectamente o prensadas
- conectores sueltos
- cables o terminales sueltos
- cables o terminales de calibre incorrecto
- condición de sobrecarga.

(16) Humedad
Si el transformador se ha expuesto a la humedad (como la proveniente de la condensación o de la lluvia), la unidad debe ser secada antes de ser energizada. (Consulte la sección sobre secado en la página 7)
Para tal fin, se debe dirigir aire caliente o calentado, calor radiante o calor interno a través de los bobinados. Este procedimiento debe realizarse durante 24 horas o hasta que todos los rastros de condensación hayan desaparecido.

Es posible que los transformadores que han sido expuestos a inundaciones, lluvia directa o rociadores no puedan secarse adecuadamente. Consulte al fabricante para obtener instrucciones adicionales.

Si nota cualquiera de las condiciones descritas anteriormente, retire inmediatamente el transformador de servicio. Tome medidas correctivas diseñadas en consulta con el representante del fabricante o con personal calificado para tal fin.

Después de terminar la evaluación, el transformador puede ser reenergizado al terminar la reparación adecuada, o la unidad deberá ser llevada a la fábrica para evaluación o reparaciones adicionales.